kwaliteit in bodemenergie

VHGM
Leidsevaart 580
2014 HT Haarlem

Haalbaarheidsonderzoek

Bodemenergie

Oosterenk - Zwolle

Dit rapport is opgesteld in opdracht van
Deenweg B.V.

KENMERK 11322/230075/DvH | **DATUM** 5 september 2023 | **STATUS** Definitief

Documentbeheer

De ondergetekende projectleider van VHGM verklaart dat het ontwerp onafhankelijk van de opdrachtgever is uitgevoerd conform de eisen van BRL SIKB 11000 en het daarbij horende protocol.

Concept

	Naam	Datum	Paraaf
Opgesteld door	Maroushka Boers	10 juli 2023	
	Hans van Hateren	16 juli 2023	
Goedgekeurd door	Dick van Harlingen	31 juli 2023	

Goedkeuring opdrachtgever:

Definitief

	Naam	Datum	Paraaf
Opmerkingen verwerkt door	Maroushka Boers	4 september 2023	
Goedgekeurd door	Dick van Harlingen	5 september 2023	

De volgende partijen zijn betrokken bij het tot stand komen van dit rapport

Opdrachtgever

Naam	Deenweg B.V.
Adres	Postbus 172 8000 GA Zwolle
Contactpersoon	Mevr. Yffi van den Berg
Telefoonnummer	(06) 16 29 89 21
E-mailadres	y.berg@bpd.nl

Adviseur bodemenergie

Naam	VHGM B.V.
Adres	Leidsevaart 580 2014 HT Haarlem
Contactpersoon	Dhr. Dick van Harlingen
Telefoonnummer	(023) 584 11 22
E-mailadres	info@vhgm.nl

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING 5
1.1 Project 5
1.2 Oriënterende uitgangspunten 6

2 GEOHYDROLOGISCHE BESCHRIJVING 7
2.1 Bodemopbouw 7
2.2 Grondwaterstand en -stroming 8
2.3 Grondwaterkwaliteit en -temperatuur 9

3 OMGEVINGSBELANGEN 11
3.1 Vergunde bodemenergiesystemen 11
3.2 Grondwater- en bodemverontreinigingen 13
3.3 Gebieden met richtlijnen 15

4 WETGEVING 18
4.1 Open bodemenergie 18
4.1.1 Waterwet 18
4.1.2 Planning en kosten 19
4.1.3 Lozing 19
4.2 Certificatieverplichting BRL 11000 en 6000-21/00 19

5 HAALBAARHEID OPEN BODEMENERGIESYSTEEM EN KEUZE OBES/ GBES 21
5.1 Haalbaarheid GBES 21
5.2 Haalbaarheid en cumulatie van effecten OBES 22
5.3 Aantal bronnen en mogelijke positionering 23
5.4 Combinatie met nabijgelegen ontwikkelingen 24

6 SLOTOPMERKINGEN 27
6.1 Conclusie en samenvatting 27
6.2 Aanbevelingen 28

7 BIJLAGEN

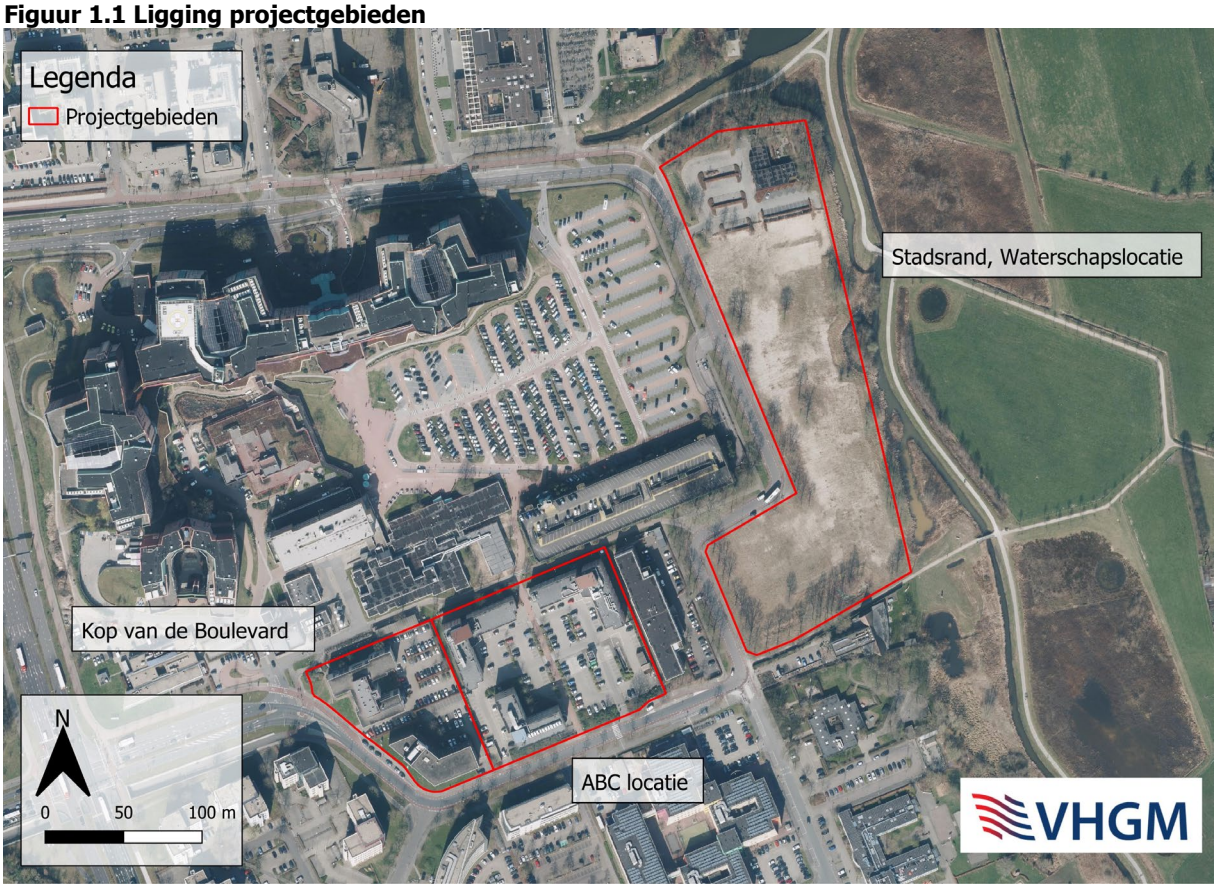
Bijlage 1 Projectlocatie
Bijlage 2 Grondlagenstaten
Bijlage 3 Modelresultaten

1 Inleiding

1.1 Project

In Zwolle worden drie gebieden in de wijk Oosterenk herontwikkeld tot appartementencomplexen. Voor de energie-/klimaatvoorziening van de woningen wordt overwogen gebruik te maken van een duurzaam bodemenergiesysteem. Het betreft de volgende drie gebieden: Waterschapslocatie, Kop van de Boulevard en ABC locatie (figuur 1.1). Belangrijk is dat de ontwikkelende partijen geen afhankelijkheid van elkaar en de omgeving wensen als het gaat om de te kiezen energieoplossing. Synergie door te koppelen is wenselijk, mits inpasbaar in planning, fasering, financiële haalbaarheid, exploiteerbaarheid e.d.

Figuur 1.1 Ligging projectgebieden



Het project ligt aan de oostelijke rand van Zwolle naast het Isala ziekenhuis in de wijk Oosterenk.

Door gebruik te maken van de bodem kan lange-termijn-energiewinning plaatsvinden. Hiervoor bestaan 2 hoofdvarianten, open en gesloten bodemenergiesystemen (BES). Voor dit project wordt een open BES beoogd. Een open BES maakt gebruik van een watervoerende laag (aquifer) in de bodem. De warmte- en koude-energie wordt overgedragen aan het grondwater en aan het korrelskelet van de aquifer. Deze aquifer dient qua opbouw, onder andere ten aanzien van de doorlatendheid en dikte, geschikt te zijn. Ook dient het grondwater de juiste kwaliteit te hebben om een probleemloze infiltratie van grondwater mogelijk te maken.

Er zijn twee grote aandachtspunten die de haalbaarheid van bodemenergie in dit gebied kunnen beïnvloeden: de grondwaterkwaliteit (redox) en de inpasbaarheid van bronnen naast de bronnen van het Isala ziekenhuis.

VHGM B.V. heeft van Deenweg B.V. de opdracht gekregen om een haalbaarheidsonderzoek uit te voeren naar de toepassing van bodemenergie. In de onderliggende rapportage zijn de uitkomsten hiervan beschreven.

1.2 Oriënterende uitgangspunten

De opdrachtgever heeft het bruto vloeroppervlak van de deelgebieden aangegeven. Op basis van kentallen uit de uniforme maatlat is een inschatting gemaakt van de energievraag aan de bodem en het daarbij behorende brondebiet.

Tabel 1.1 Oriënterende bodemzijdige energetische uitgangspunten

		Eenheid	Projectgebieden			Totaal
			Stadsrand, waterschapslocatie	Kop van de boulevard	ABC Locatie****	
Gebruiksoppervlakte appartementen		m²	20.290	23.850	18.900	63.040
Gebruiksoppervlakte supermarkt		m²		750		750
Gebruiksoppervlakte winkels		m²		1.000		1.000
Gebruiksoppervlakte maatschappelijke voorzieningen		m²		1.250	1.500	2.750
Totaal		m²	20.290	26.850	20.400	67.540
Verwarmen	Vermogen*	kW	536	609	485	1.568
	Energievraag	MWh	589	682	541	1.755
Koelen	Vermogen*	kW	481	647	483	1.610
	Energievraag	MWh	278	480	298	1.056
Onbalans	Koudeoverschot bodem	MWh	255	202	243	699
Benodigd brondebiet		m³/h	59	79	60	198
GBES* **						
Vermogensvraag verwarmen + tap (zonder gelijktijdigheid)		kW	670	730	581	
Globaal benodigd aantal lussen (boordiepte 90 m)		st	248	270	215	
Benodigd oppervlakte GBES		m²	8.912	9.731	7.753	
Benodigd oppervlakte GBES incl. funderingspalen (factor 0,6**)		m²	14.853	16.219	12.921	
Oppervlakte projectgebied		m²	27.564	6.978	12.435	

* *In het benodigde vermogen zijn gelijktijdigheidsfactoren aangehouden. 0,8 voor verwarmen en tap, 0,9 voor koelen. Voor verwarmen én koelen is een bodemzijdige dT van 7 kelvin aangehouden. In de opstartfase van het project kunnen grotere waterhoeveelheden en debieten nodig zijn omdat de bellen nog niet geladen zijn (lagere dT haalbaar).*

** *Nota bene, de fractie onderpands benutbaar oppervlak is sterk afhankelijk van het palenplan en de eisen die de constructeur stelt aan de afstand. 0,6 is een globale waarde.*

*** *Dit is een worstcasebenadering van de hoeveelheid benodigde lussen, zie toelichting hoofdstuk 5.*

**** *Programma ABC locatie is een globale inschatting. Er is een fors programma opgenomen om het maximale effect te onderzoeken.*

Disclaimer: Dit haalbaarheidsonderzoek is geen ontwerpdocument conform de BRL SIKB 11000 en protocol 11001 en kan ook niet als zodanig worden gebruikt. De uitgangspunten uit een vooronderzoek kunnen afwijken ten opzichte van de uitgangspunten die gebruikt worden in het ontwerp.

2 Geohydrologische beschrijving

2.1 Bodemopbouw

Voor een goede werking van een bodemenergiesysteem is de bodemopbouw van belang, zodat er voldoende grondwater onttrokken en geïnfiltreerd kan worden. Op basis van onderstaande bronnen is de bodemopbouw op de locatie bepaald (tabel 2.1):

- Het hydrogeologisch bodemprofiel uit REGIS II v2.2.
- Grondlagenstaten zoals weergegeven in bijlage 2:
    - Boorstaten van TNO BROloket: B21G0530 op ca. 300 m ten zuidwesten van de projectlocatie, met een maximale diepte van 100 meter.
    - Boorstaten van nabijgelegen projecten, waaronder meerdere boorstaten van het naastgelegen Isala Ziekenhuis, Berkum Zwolle Oost op ca. 1,0 km ten noordoosten, het gemeentehuis Zwolle op ca. 2,0 km ten westen en City Post op ca. 2,5 km ten westen van de projectlocatie.

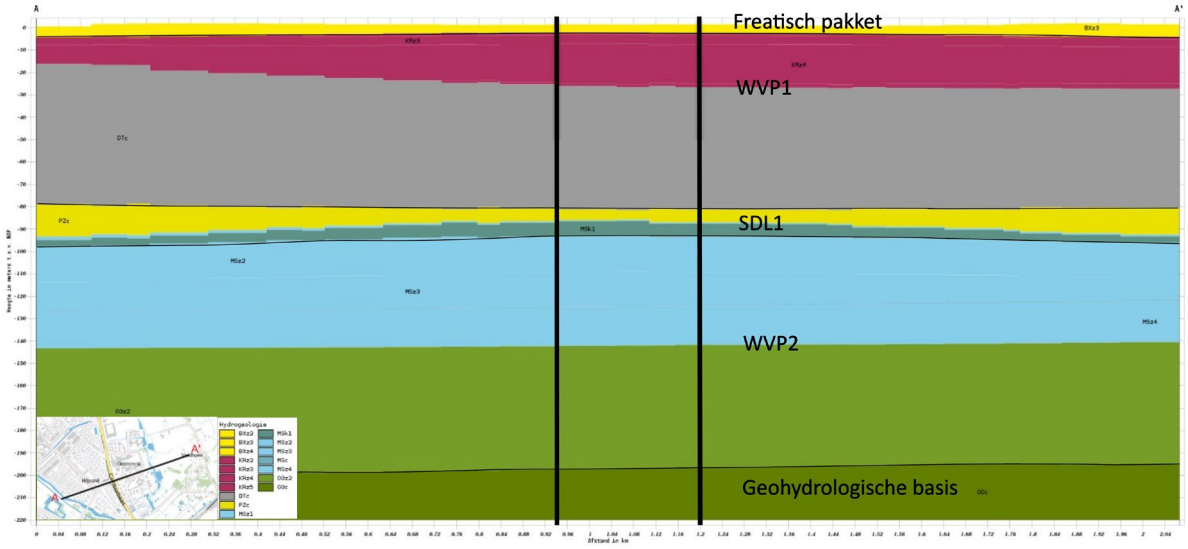
Daarnaast is in figuur 2.1 een west-oost hydrogeologisch profiel uit REGIS II v2.2 opgenomen. De zwarte lijn geeft de ligging van het projectgebied binnen het profiel weer. In de figuur zijn de verschillende lagen aangeduid met een label. Dit label bestaat uit een afkorting van de formatie (bv. DT voor Drenthe) gevolgd door een c (complex), k (kleilaag) of z (zandlaag) en eventueel een nummer.

In de formatie van Drente (WVP1) komen gestuwde afzettingen voor die zijn ontstaan onder invloed van landijs dat vanuit het noord(oosten) kwam. Aandachtspunt is dat er scheefgestelde kleischotten kunnen voorkomen in deze formatie en dat de opbouw van de formatie sterker kan variëren van plaats tot plaats. Meest representatief voor de projectlocatie zijn de boorstaten van het Isala ziekenhuis. In verband met de grondwaterkwaliteit is het met name van belang dat het onderste deel van het 1^{e} watervoerende pakket geschikt is om bronfilters te plaatsen (H2.3). Drie van de vier boorstaten van Isala laten in het onderste deel van het pakket grof zand zonder ongeschikte bijmengingen en zonder kleilagen zien. Echter, één van de vier boorstaten laat tussen ca. 57 en 81 m – mv zeer veel klei zien. Daaruit wordt afgeleid dat filterstelling in de onderzijde van het watervoerende pakket naar verwachting mogelijk is, maar dat er wel een risico is op een tegenvallend resultaat.

Tabel 2.1 Geohydrologische schematisering

Diepte t.o.v. N.A.P. [in m] mv: 0,7 – 1,4 m +N.A.P.			Samenstelling	Geohydrologische eenheid	Doorlaatvermogen
mv	tot	-2 à -4	Fijn kleiig zand, met een enkele kleilaag	Freatisch pakket	15 – 20 m²/d
-2 à -4	tot	-80 à -84	Zand, matig fijn tot uiterst grof met een in Zwolle sterk variërend aantal kleilagen	Watervoerend pakket 1	4.500 – 5.500 m²/d
-80 à -84	tot	-90 à -96	Complexe eenheid met matig tot uiterst grove zandlagen afgewisseld door dikke kleilagen.	SDL1	1.500 – 2.500 d
-90 à -96	tot	-190 à -200	Zand, matig fijn tot matig grof met een enkele kleilaag. Onder ca. 140 m – N.A.P. wordt het pakket fijner.	Watervoerend pakket 2	1.100 – 1.200 m²/d
Vanaf -190 à -200			Fijn zand en kleilagen	Geohydrologische basis	-

Figuur 2.1 Hydrogeologisch W-O profiel met projectlocatie (tussen zwarte lijnen) aangegeven



2.2 Grondwaterstand en -stroming

Op basis van de gegevens van projecten in de omgeving zijn de grondwaterstand en -stijghoogten in de verschillende watervoerende pakketten onderzocht. In tabel 2.2 worden deze gegevens opgesomd. Daarnaast is ook de horizontale grondwaterstroming bepaald in tabel 2.3.

Tabel 2.2 Gegevens grondwaterstanden en stijghoogten

	Gemiddelde grondwaterstand/stijghoogte Maaiveld: 0,7 – 1,4 m +N.A.P.	Fluctuatie	Bronvermelding
Freatisch pakket	1,0 – 1,7 m –mv	± 0,3 m	Grondwatertools & DINOloket
WVP1	1,2 – 1,9 m –mv	± 0,3 m	Grondwatertools & DINOloket
WVP2	1,2 – 1,9 m –mv	± 0,2 m	Grondwatertools & DINOloket

Tabel 2.3 Gegevens grondwaterstroming en stromingsrichting

	Grondwaterstroming [m/jaar]	Stromingsrichting	Bronvermelding
Freatisch pakket	<5 m/jaar	ZO	Grondwatertools & DINOloket
WVP1	9 – 11 m/jaar	~70° (ONO, onderzoek Witteveen + Bos) of ~190° (ZZW, grondwatertools)	Grondwatertools, DINOloket, Pompproef City Post, onderzoek Witteveen + Bos*
WVP2	<5 m/jaar	ZO	Grondwatertools & DINOloket

** Systeemupdate ondergrond Zwolle door Witteveen + Bos op 10 september 2019.*

2.3 Grondwaterkwaliteit en -temperatuur

In tabel 2.4 zijn gegevens weergegeven van de grondwaterkwaliteit en de grondwatertemperatuur. De grondwaterkwaliteit is een aandachtspunt voor de filterstelling van de bronnen. Deze is ten dele gebaseerd op het rapport "samenvatting resultaten redoxmetingen bij peilbuizen 1A, 2B en 3" door Bioclear Earth op 2 december 2022. Dit onderzoek wordt in de rest van de tekst "het onderzoek van Bioclear Earth" genoemd.

Redoxreacties tussen aeroob en anaeroob grondwater
Het mengen van de twee in de titel genoemde grondwatertypes door een open bodemenergiesysteem dient vermeden te worden omdat hierbij ijzeroxides neerslaan die voor bronverstopping kunnen zorgen. In de meeste boorstaten in Zwolle, inclusief de op 300 m gelegen boring B21G0530 komen bruin verkleurde (aerobe) zandlagen tot slechts ca. 5 à 14 m – N.A.P. voor. In de boorstaat van de warme bron van City Post werd op grotere diepte echter een tweede bruin verkleurde laag aangetroffen (~28 m – NAP). Deze werd in de koude bron niet aangetroffen. Mogelijk is de bruin verkleurde laag op ~28 m – N.A.P. te wijten aan humeuze bijmenging. Bij de dichtstbijzijnde grondwateranalyses in het rapport van Bioclear Earth wordt tussen 14 en 61 m – NAP geen nitraat aangetroffen. Al met al duidt de beschikbare informatie op een ligging van de redoxgrens tussen aeroob en anaeroob grondwater tussen 5 en 14 m – N.A.P.

Redoxreacties tussen methanogeen en ijzer/sulfaatreducerend grondwater
Sulfaatreductie is een microbiologisch proces waarbij ijzersulfide (FeS) een vaste stof is en dus verstopping van de filterspleten teweeg kan brengen:

$$SO4_2^- + 2\ CH_2O + Fe_2+ <-> FeS + 2\ HCO_3^- + 2\ H^+$$

Peilbuis 3 in de notitie van Bioclear Earth ligt ca. 1 km ten noorden van de projectgebieden. De grondwaterkwaliteit is op drie dieptes bepaald, namelijk 13 – 15 m -mv, 45 – 47 m -mv en 58 – 60 m -mv. Tussen 13 en 15 m -mv zijn methanogene redoxcondities aanwezig en op de andere dieptes sulfaatreducerend tot methanogeen. Tussen 13 en 15 m -mv is meer opgeloste organische stof en opgelost ijzer aanwezig dan op de grotere dieptes. Op de grotere dieptes is juist meer sulfaat aanwezig. De grens tussen de twee grondwatertypes kan ergens tussen 15 en 45 m – mv liggen.

Het volgende wordt geconcludeerd:
Wanneer de bronnen op grotere diepte worden geplaatst (minimaal ca. 40 m -mv, liefst nog dieper), dan wordt vanwege de homogene grondwaterkwaliteit geen snel verlopend sulfaatreductieproces verwacht. Mogelijk is er wel sprake van een langzaam verlopend sulfaatreductieproces. Dit proces treedt dan al van nature op en wordt niet versneld door een bodemenergiesysteem, omdat het bodemenergiesysteem geen verschillende grondwaterkwaliteiten mengt. Bij een ondiepe filterstelling (top van filters ondieper dan ca. 40 m -mv) kunnen de bronnen het sulfaatreductieproces wel versnellen door menging van sulfaatrijker diep grondwater met organischrijker ondiep grondwater. Dit brengt extra risico op bronverstopping met zich mee.

Filterstelling en hydrologische balans
Vanwege het risico op neerslag van ijzersulfiden en/of ijzeroxiden wordt aangeraden om, binnen de beschikbare ruimte van het pakket die moet blijken uit de boring zelf, de filters zo diep mogelijk te plaatsen in het pakket. De benodigde diepte van het top van het filter is ca. 40 m -mv of dieper *indien een hydrologische balans wordt aangehouden*. Dit laatste wordt sterk aangeraden. Bij een onbalans wordt netto meer water naar de koude bron gepompt. Dit zorgt voor een sterkere verticale aantrekking van grondwater ter hoogte van de warme bron waardoor een grotere verticale afstand benodigd is. Tenslotte is van belang om te melden dat een van de bronnen van Isala verstopping ondervindt. Of deze verstopping te wijten is aan verschillende grondwaterkwaliteiten is onduidelijk. Dit blijkt uit communicatie met de beheerpartij van het systeem (KWA).

Hemelwaterinfiltratie
Er is aangegeven dat het hemelwater niet op de riolering geloosd mag worden. Vermoedelijk zal dit water in de bodem moeten worden geïnfiltreerd. Dit is een aandachtspunt voor ondiepe open bodemenergiesystemen zoals in Zwolle. Wanneer zuurstofrijk hemelwater wordt aangetrokken dan kunnen er redoxreacties optreden die leiden tot bronverstoppingen. Het infiltreren van hemelwater dient bij voorkeur niet dieper dan 10 m -mv te geschieden, omdat daar ongeveer de redoxgrens is vastgesteld. Indien dit niet mogelijk is, dan dient nader onderzocht en berekend te worden wat de risico's zijn op de WKO-bronnen.

Tabel 2.4 Grondwaterkwaliteitparameters

Parameter	Waarde	Eenheid	Bron
Zoet/brakgrens (chloridegehalte 150 mg/l)	160 - 180	m –N.A.P.	Grondwateranalyses DINOloket
Brak/zoutgrens (chloridegehalte 1.000 mg/l)	200 - 250	m –N.A.P.	Grondwateranalyses DINOloket
Redoxgrens aeroob/ anaeroob	5 à 14	m -N.A.P.	Boorstaten en notitie Bioclear Earth
Redoxgrens sulfaatarm - sulfaatrijk	16 à 46	m -N.A.P.	Notitie Bioclear Earth
Gemiddelde natuurlijke grondwatertemperatuur in WVP1 [WVP2]	10,7 [12,4]	°C	B21G0292

3 Omgevingsbelangen

3.1 Vergunde bodemenergiesystemen

Bij de omgevingsdienst en de gemeente zijn gegevens van geregistreerde grondwateronttrekkingen en gesloten bodemenergiesystemen binnen een straal van 2 km van de projectlocatie opgevraagd. Binnen 2 km van de locatie liggen 13 open bodemenergiesystemen. Binnen 1 km van de locatie liggen 13 gesloten bodemenergiesysteem. De betreffende systemen zijn samengevat in de tabellen 3.1 en 3.2. In een ontwerp of de effectenstudie moet met deze systemen rekening gehouden worden. Een deel van de benodigde gegevens staat niet in het LGR vermeld. De extra benodigde gegevens zijn opgevraagd bij de omgevingsdienst maar thans nog niet ontvangen. Als deze gegevens niet worden ontvangen zullen aannames moeten worden gemaakt over de waterhoeveelheid (vollasturen).

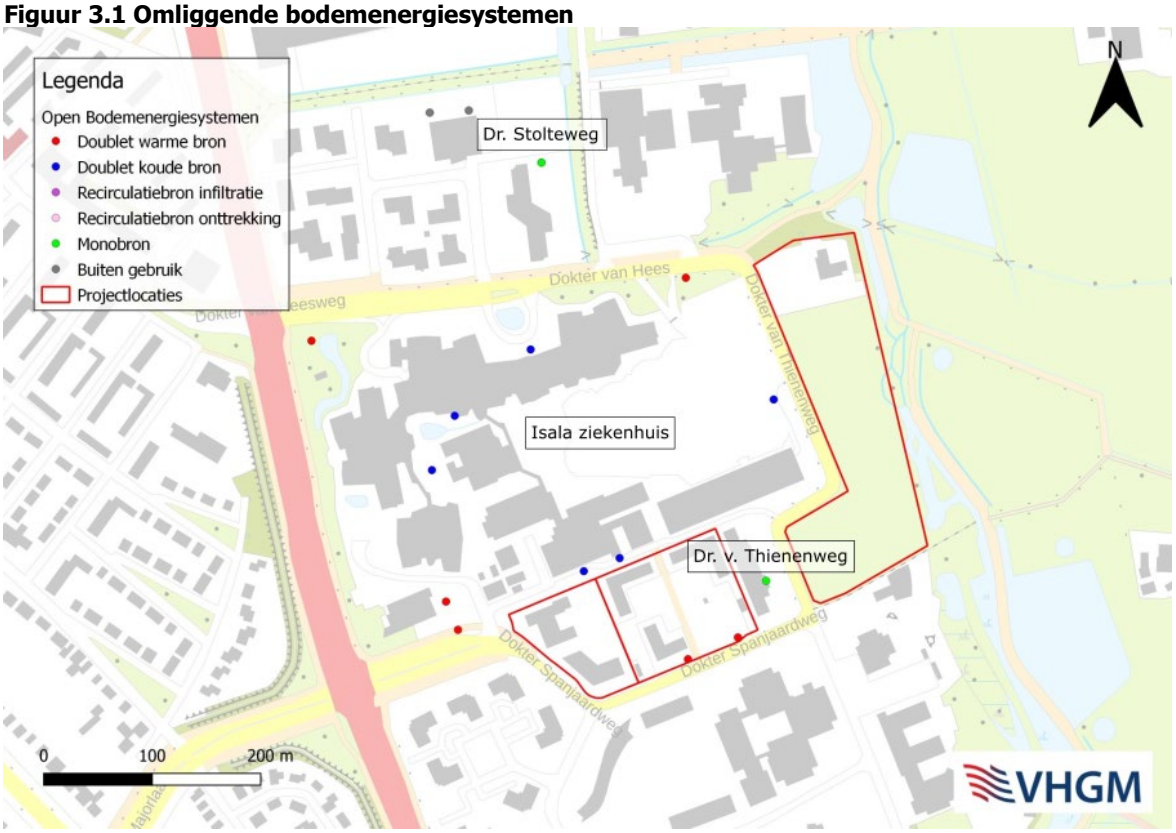
Tabel 3.1 Gegevens open bodemenergiesystemen

X	Y	Naam	Debiet [m³/h]	Waterhoeveelheid [m³/j]	WVP	Afstand [m]
204.912	503.022	KWO Dokter van Heesweg 2, Zwolle (Isala)	875	-	1	0
205.220	502.920	Monobron Dokter van Thienenweg 8, Zwolle	25	-	1	24
205.013	503.305	Monobron aan de Dokter Stolteweg 2 2A, Zwolle	-	-	-	217
205.039	501.835	KWO Marsweg 5, Zwolle	70	-	1	980
205.735	504.375	Recirculatiesysteem aan de Campherbeeklaan 53-55, Zwolle	20	-	1	1.214
203.615	502.670	KWO Luttenbergstraat 2, Zwolle	100	-	1	1.257
203.687	503.184	Monobron Bagijnesingel	10	-	-	1.330
203.600	502.630	Koeling Provinciehuis te Zwolle	30	-	1	1.378
203.735	502.760	KWO Provinciehuis te Zwolle	100	-	1	1.388
203.589	502.896	KWO Schuurmanstraat, Zwolle	200	-	2	1.396
203.559	502.588	KWO Grasdorpstraat 2, Zwolle	40	-	1	1.456
203.618	502.378	KWO Grasdorpstraat 6, Zwolle	30	-	2	1.462
203.470	502.793	KWO Lutternbergstraat 5, Zwolle	140	-	1	1.486

Tabel 3.2 Gegevens gesloten bodemenergiesystemen

X	Y	Naam	Energie-rendement [SPF]	Warmte-vraag [MWh]	Koude-vraag [MWh]	Bodem-zijdig vermogen [kW]	Eind-diepte [m]	Afstand [m]
204.860	502.291	Wipstrikpark 51, Zwolle	4,7	17	3	8	49	559
204.255	503.099	Wipstrikkerallee 47, Zwolle	4,7	18	7	12	75	757
205.858	502.760	Kuyerlaan 39, Zwolle	5	15	5	10	75	525
205.896	503.571	Kuyerhuislaan 19 en 19A, Zwolle	4,5	12	2	5	60	680
206.011	503.038	Kiekeboslaantje 6D, Zwolle	3	41	10	15	60	648
205.974	503.051	Kiekeboslaantje 6C, Zwolle	4,2	18	7	13	50	613
205.978	503.086	Kiekeboslaantje 6B, Zwolle	3	33	5	13	50	627
206.019	503.125	Kiekeboslaantje 6A, Zwolle	5,1	25,2	6	12	50	672
206.082	503.090	Kiekeboslaantje 4, Zwolle	4,9	27	4	10	50	726
206.078	503.156	Kiekeboslaantje 2, Zwolle	3	27	4	10	50	737
205.955	502.958	Kiekeboslaantje 12, Zwolle	6	17	3	9	50	648
204.455	503.178	Holstraat 1, Zwolle	4,5	14	3	6	90	601
206.049	503.873	Reviuslaan 4, Zwolle	3	24	6	8	70	979

Figuur 3.1 Omliggende bodemenergiesystemen



3.2 Grondwater- en bodemverontreinigingen

Er moet onderscheid gemaakt worden tussen twee typen verontreinigingen:

1) Ondiepe, kleinere en over het algemeen immobiele bodemverontreinigingen in de deklaag.
2) Diepere, grotere en over het algemeen mobiele grondwaterverontreinigingen in het 1e watervoerende pakket.

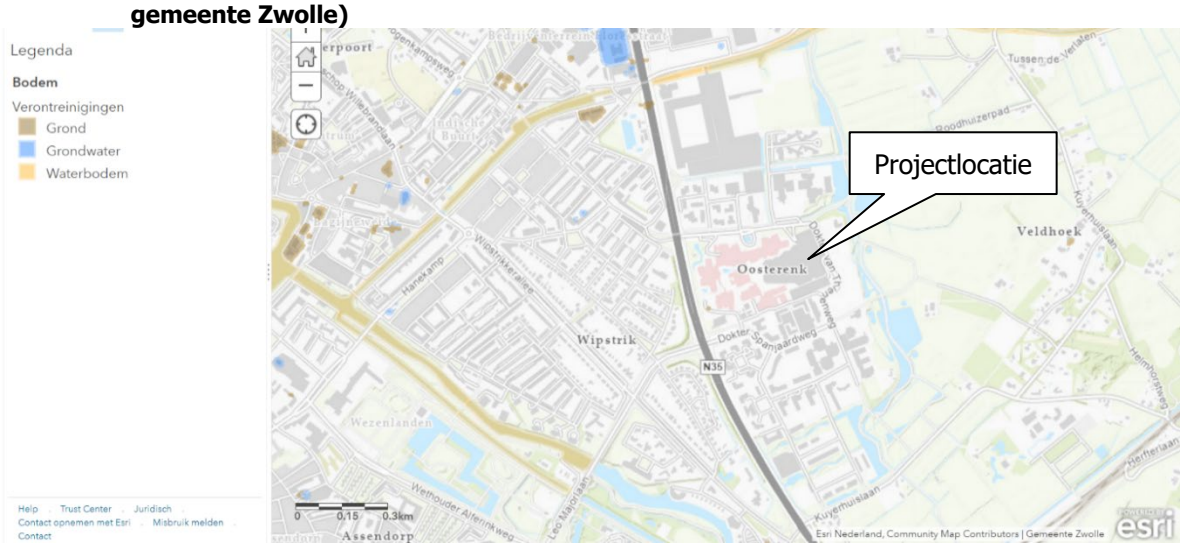
Type 1 verontreinigingen zijn van belang voor de aanleg van het bodemenergiesysteem: mogelijk moet met casings worden geboord en/of moet uitkomende grond worden afgevoerd naar een depot. Dit kan zorgen voor aanvullende kosten, maar brengt de haalbaarheid van bodemenergie niet in geding. Op ruimtelijkeplannen.nl en op de kaart van de gemeente (figuur 3.2) is geen informatie over lokale verontreinigingen gevonden.

Het volgende bodemrapport is ontvangen van de projectorganisatie:

- *Vooronderzoek milieuhygiënische bodemkwaliteit Oosterenk Zwolle locaties Jansen en BKD.* Door Sweco op 17 november 2022 met kenmerk 51012371.

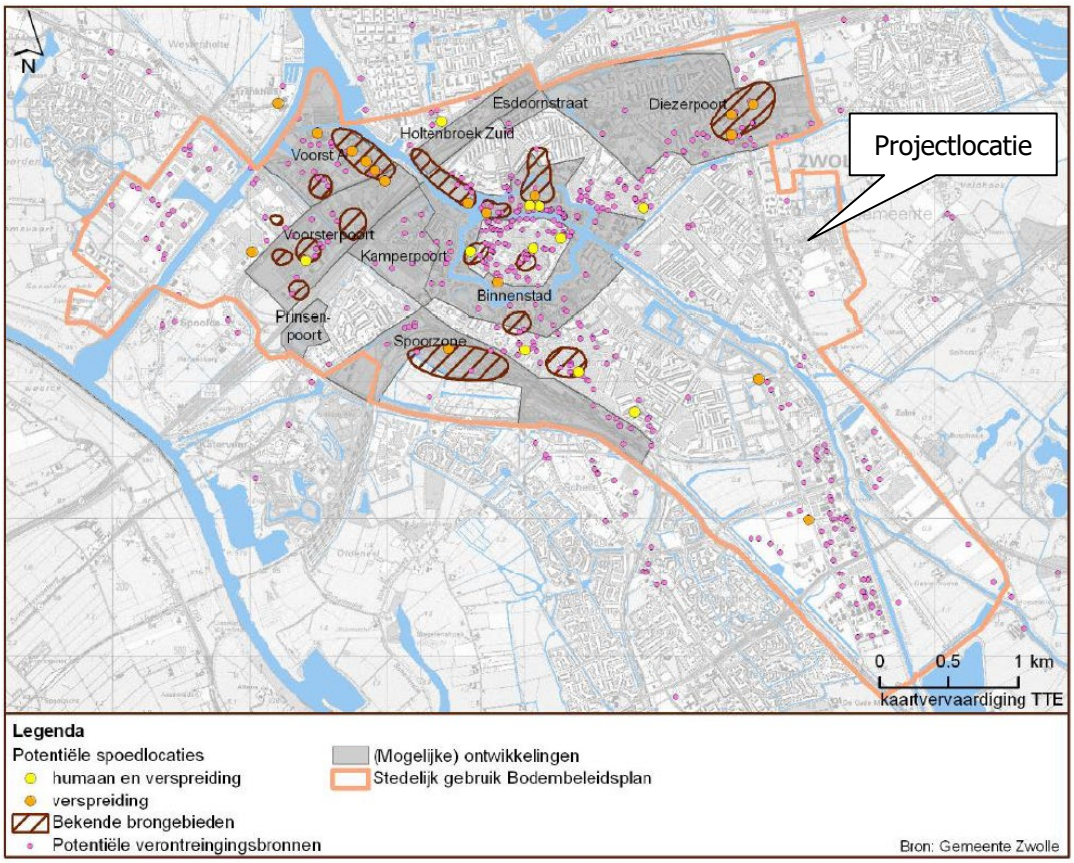
Uit dit vooronderzoek blijkt dat beide projectlocaties plaatselijk verdacht zijn op asbesthoudend materiaal. In het bodemrapport wordt aanvullend bodemonderzoek aanbevolen.

Figuur 3.2 Ligging bodem- en grondwaterverontreinigingen nabij projectlocatie (online kaart van gemeente Zwolle)

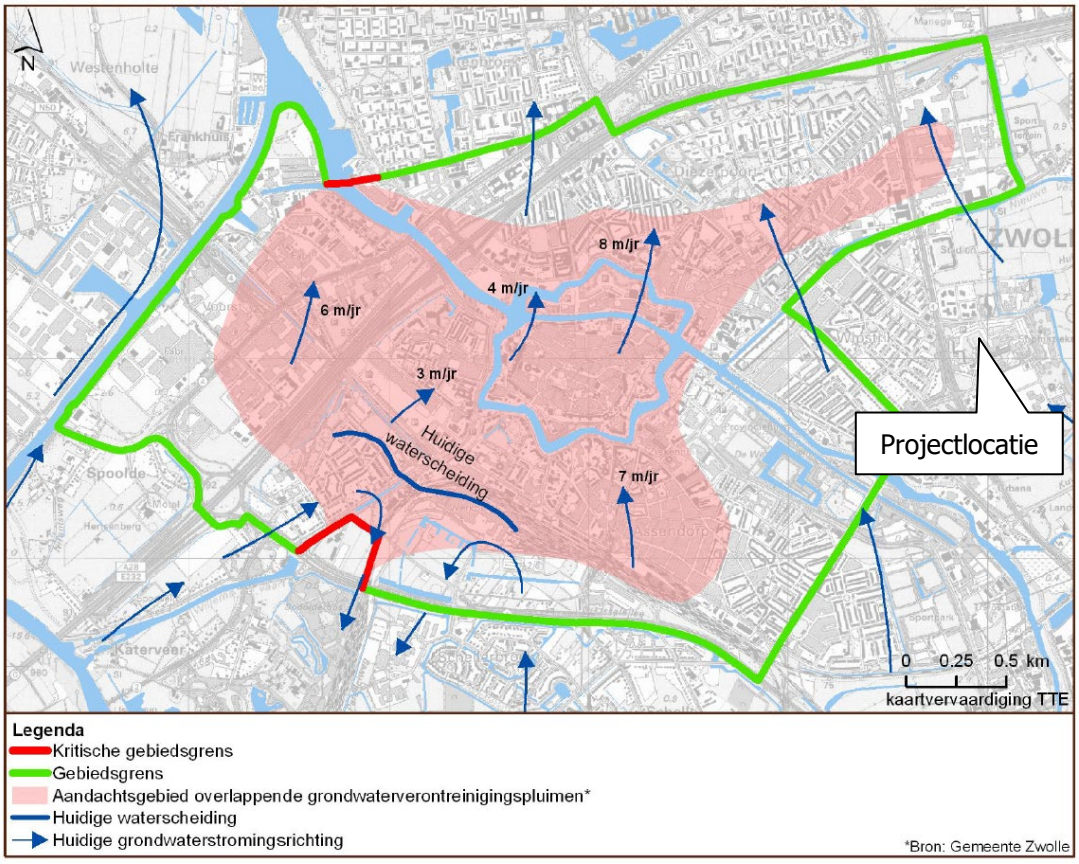


Type 2 verontreinigingen kunnen ervoor zorgen dat een systeem niet vergund wordt. Een bodemenergiesysteem mag namelijk volgens de wet grondwaterverontreinigingen niet verspreiden. Op ca. 1 km ten noorden en 1,5 km ten westen van de projectlocatie ligt het verspreidingsgebied van meerdere overlappende grondwaterverontreinigingspluimen (figuur 3.3 en 3.4). Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat het beoogde bodemenergiesysteem geen significante effect zal hebben op deze bekende grootschalige grondwaterverontreinigingen. Dit effect zal bij de effectenstudie voor de vergunningsaanvraag inzichtelijk worden gemaakt. Er zijn wel andere potentiële verontreinigingsbronnen die dichter bij de projectlocatie liggen (figuur 3.3). Daar zijn echter geen gegevens van beschikbaar.

Figuur 3.3 Potentiële en bekende bronlocaties grondwaterverontreinigingen (oorspronkelijke bron: gemeente Zwolle)



Figuur 3.4 Aandachtsgebied grondwaterverontreinigingen (originele bron: gemeente Zwolle)



3.3 Gebieden met richtlijnen

Op basis van de provinciale kaarten en informatie opgevraagd bij de gemeente, provincie en omgevingsdienst blijkt dat er gebieden met richtlijnen binnen een straal van 2 km van de projectlocatie aanwezig zijn. Hieronder zijn de onderstaande gebieden inbegrepen. Wanneer een van de belangen een aandachtspunt heeft, volgt een korte beschrijving.

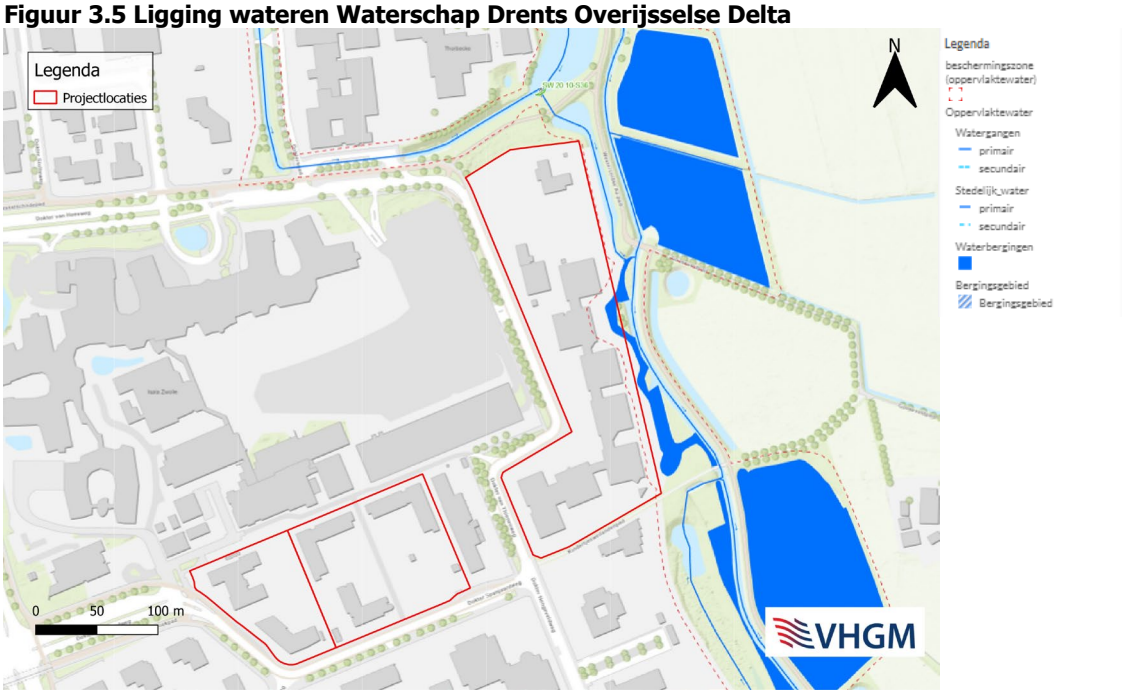
Tabel 3.3 Gebieden met richtlijnen

	Mogelijke belangen	**Opmerking, attentiepunt:**
1	Keur van het waterschap	De locatie ligt gedeeltelijk in de beschermingszone van een oppervlaktewaterlichaam (rode stippellijn figuur 3.5). Voor het werken in de beschermingszone is een watervergunning nodig.
2	Grondwaterbeschermingsgebieden en waterwingebieden	In de Verordening bodembescherming Zwolle 2019 is aangegeven dat er een dieptebeperking is voor gesloten bodemenergiesystemen. Deze systemen zijn toegestaan tot 90 m -mv (figuur 3.6). Open bodemenergiesystemen worden niet beperkt in de diepte.
3	PMV – Aardkundige waarden en specifiek provinciaal beleid	Ligt niet binnen 2 km van de projectlocatie.
4	Archeologische waarden	Op de archeologische beleidskaart van de gemeente Zwolle is aangegeven dat de kans op het aantreffen van archeologie in dit gebied 10% is. Volgens ruimtelijke plannen zijn hier geen aanvullende regels aan verbonden.
5	Natuurbelangen en landbouwgebieden	De projectlocatie ligt 1,7 km van het Natura 2000 gebied Uiterwaarden Zwarte Water en Vecht. Eventuele hydrologische effecten worden berekend in de effectenstudie (figuur 3.7).
6	Interferentiegebied/ Masterplan	De locatie ligt nu niet in een interferentiegebied. De gemeente is mogelijk voornemens een interferentiegebied vast te stellen. De ontwikkelingen op dit vlak moeten in de gaten worden gehouden.
7	Zettingsgevoelige objecten	De gebouwen van de projectlocatie zijn aangelegd na 1990. Er zullen niet zo snel problemen voorkomen met zettingen bij nieuwe gebouwen.
8	Grondwaterverontreinigingen	Zie paragraaf 3.2
9	Ondergrondse constructies	Bij het boren moet rekening worden gehouden met de posities van de voormalige gebouwen in deelgebied 'Stadsrand' (vergelijking situatie 2019 en 2022 op topotijdreis.nl, zie fig. 3.8). Indien niet alle funderingsresten zijn verwijderd op de beoogde boorlocatie, moet de boorpartij hier van op de hoogte gebracht worden.

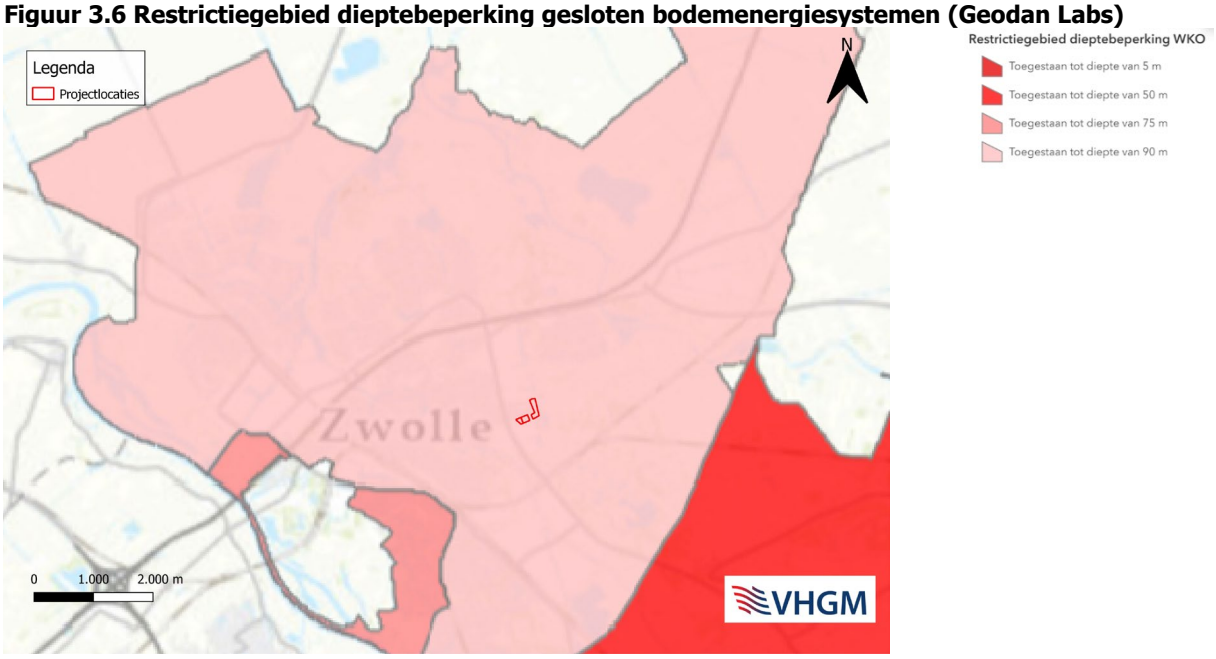
Legenda:

Geen beperkingen	**Aandachtspunt**	**Verboden bodemenergiesysteem te realiseren.**

Figuur 3.5 Ligging wateren Waterschap Drents Overijsselse Delta



Figuur 3.6 Restrictiegebied dieptebeperking gesloten bodemenergiesystemen (Geodan Labs)



Figuur 3.7 Natura 2000 en Natuurnetwerk Nederland gebieden (provincie Overijssel)



Figuur 3.8 Topotijdreis.nl. Vergelijking tussen 2019 (links) en 2022 (rechts)



4 Wetgeving

4.1 Open bodemenergie

4.1.1 Waterwet

Open BES worden gereguleerd via de AMvB bodemenergie. Naast de regels uit de AMvB Bodemenergie van het Rijk hebben provincies aanvullende regels opgesteld in de Provinciale Milieuverordening. Voor dit project gelden onderstaande regels.

Voor het infiltreren en onttrekken van grondwater is in de provincie Overijssel een vergunning Waterwet benodigd. Voor een open BES met een debiet ≥ 50 m³/h dient een uitgebreide effectenstudie te worden opgesteld. In een dergelijke effectenstudie dienen de hydrologische en hydrothermische effecten modelmatig te worden berekend met een beschouwing van de mogelijke effecten op belangen in de omgeving.

Koudeoverschot
Vanuit de AMvB is een koudeoverschot toegestaan. Dit betekent dat het open BES niet energetisch in balans hoeft te zijn. Wel moet er rekening mee gehouden worden dat er geen thermische kortsluiting optreedt tussen de warme en koude bel. Ook moet er rekening gehouden worden met de belangen van andere bodemenergiesystemen in de directe omgeving en met het beleid van de provincie, waardoor de mate van onbalans in de bodem beperkt kan worden.

Rendement en productiviteit
Voor de vergunningaanvraag moet ook een Seasonal Performance Factor (SPF) worden uitgerekend. Dit moet in de ontwerpfase van het project worden vastgesteld. De SPF is een mate van het rendement en efficiëntie van het open BES. Indien het systeem niet aan de vastgestelde SPF voldoet, kan het bevoegd gezag eisen dat er maatregelen worden genomen om de SPF te verbeteren.

Naast de SPF wordt ook een minimale productiviteit van het grondwater geëist. Met deze eis wil het bevoegde gezag zorgen dat het verpompte grondwater niet nutteloos wordt gebruikt. Over het algemeen wordt een minimale energiehoeveelheid van 4,65 kWh per m³ vereist met een dT van minimaal 4K.

Registraties
In de vergunning van het BES worden voorschriften opgenomen ten behoeve van bepaalde jaarlijkse verplichtingen na realisatie van het BES. Het gaat hierbij om het registreren van o.a. verpompte waterhoeveelheden, temperatuurmetingen, geladen energie en grondwateranalyses. Dergelijke registraties moeten periodiek samengevat worden in een evaluatierapportage en ingediend worden bij het bevoegd gezag.

M.e.r.-beoordeling

Naast de vergunning Waterwet moet er ook aangetoond worden dat het systeem niet onder de milieueffectenrapportage (m.e.r.) valt. Dit kan via de m.e.r.-beoordeling welke in de meeste gevallen afgegeven wordt door de provincie op basis van een aanmeldnotitie. In de aanmeldnotitie worden vergelijkbare gegevens als een effectenstudie verwacht, met aanvulling van een aantal specifieke milieugerelateerde thema's, zoals de productie van afvalstoffen, gebruik van natuurlijke hulpbronnen en het opnamevermogen van het natuurlijke milieu.

4.1.2 Planning en kosten

Het bevoegde gezag heeft 8 weken de tijd om een vergunning Waterwet te verlenen.
De m.e.r.-aanmeldnotitie kan gelijktijdig ingediend worden met de aanvraag voor de vergunning Waterwet. De doorlooptijden zien er dan als volgt uit:

1.	Opstellen en indienen concept effectenstudie/aanmeldnotitie m.e.r.	3 weken
2.	Beoordelen concept effectenstudie/aanmeldnotitie m.e.r. door bevoegd gezag	6 weken
3.	Verwerken commentaar, indienen definitieve aanvraag Waterwet en aanmeldnotitie m.e.r.	2 weken
4.	Opstellen beschikking en afgeven m.e.r.-beoordelingsbesluit door bevoegd gezag	8 weken
5.	Inzagetermijn (waarin bezwaar kan worden aangetekend)	6 weken

Totale doorlooptijd bedraagt hiermee ca. 24 tot 30 weken.

De duur voor het opstellen van de effectenstudie kan sterk variëren. Dit is afhankelijk van een aantal factoren, zoals of het een verkorte of een uitgebreide effectenstudie betreft, de mate van informatie-uitwisseling met en accordering van de opdrachtgever en de reactietijd van het bevoegd gezag op de concept effectenstudie en de m.e.r.-aanmeldnotitie.

In principe is de beschikking geldig nadat het bekend gemaakt wordt aan de aanvrager. Hierna volgt echter de periode van 6 weken die aan belanghebbenden wordt gegund om eventueel bezwaar aan te tekenen. In de praktijk gebeurt dit zelden. Voor de aanvang van het boren adviseren wij deze periode van 6 weken af te wachten, zodat er geen risico wordt gelopen.

De provincie Overijssel brengt legeskosten in rekening voor het verlenen van een vergunning Waterwet ten behoeve van bodemenergie. De legeskosten bedragen € 3.509,00 voor systemen tot 50 m³/h en € 5.279,00 voor systemen >50 m³/h.

4.1.3 Lozing

Naast het aanvragen van de vergunning Waterwet voor het hebben van een bodemenergiesysteem, moet ook een vergunning worden aangevraagd voor het lozen van grondwater tijdens het schoonpompen en spuien van de bronnen. Het schoonpompen wordt eenmalig uitgevoerd zodra de bronnen zijn geboord. Het spuien is een jaarlijks terugkerende actie die voor onbepaalde tijd wordt uitgevoerd. Hiermee wordt de levensduur van de bronnen verlengd. Voor beide activiteiten dient een vergunning (of indien van toepassing een melding) te worden aangevraagd/gedaan.

Indien geen toestemming wordt verkregen voor het lozen van het water op de riolering of het oppervlaktewater dan moet het water teruggevoerd worden in de bodem. Dit wordt direct in de vergunning Waterwet geregeld. Het is daarom noodzakelijk om de lozingsprocedure tegelijkertijd met de vergunning voor het BES op te starten. Hierdoor wordt tijd bespaard bij de totale aanvraag en kan vertraging van het project worden vermeden.

4.2 Certificatieverplichting BRL 11000 en 6000-21/00

Voor het ontwerp, de realisatie en het beheer en onderhoud van bodemenergiesystemen is een erkenningsplicht van toepassing. Deze plicht bestaat voor zowel open als gesloten bodemenergiesystemen en is opgesplitst in twee delen, een boven- en een ondergronds deel.
Voor het ondergrondse deel van het bodemenergiesysteem is normdocument BRL 11000 ontwikkeld voor de algemene kwaliteitseisen en protocol 11001 voor de technische uitvoeringeisen. Voor de energiecentrale (het bovengrondse deel) van het bodemenergiesysteem is normdocument BRL 6000-21/00 ontwikkeld.

Beide normdocumenten worden verder onderverdeeld in een aantal scopes. In het kader van de BRL 11000 hebben deze scopes betrekking op zowel open als gesloten bodemenergiesystemen.

Deze scopes zijn hieronder opgesomd:

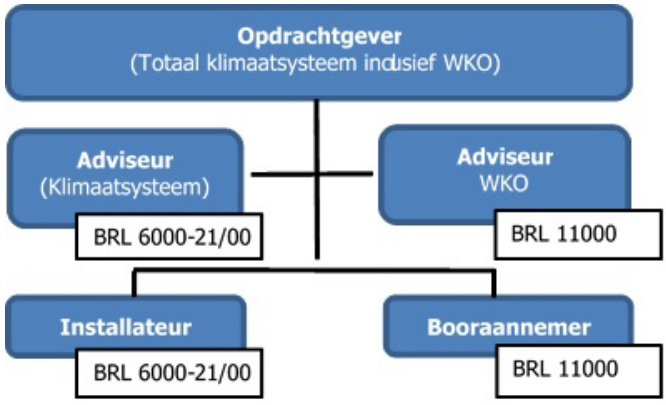
Open systemen		Gesloten systemen	
1a	Ontwerp	1b	Ontwerp
2a	Detailengineering	2b	Detailengineering
3a	Realisatie	3b	Realisatie
4a	Onderhoud	4b	Onderhoud

Voor het bovengrondse deel (BRL 6000-21/00) worden drie verschillende scopes toegepast:

Kleine systemen		Grote systemen	
1	Ontwerp	4	Ontwerp
2	Realisatie	5	Realisatie
3	Beheer	6	Beheer

In totaal zijn er dus 14 scopes waarvoor bedrijven zich kunnen certificeren en aansluitend registreren bij de desbetreffende instantie. VHGM is voor het ondergrondse deel gecertificeerd voor het ontwerp en de detailengineering van zowel open als gesloten systemen en voor het onderhoud voor open systemen (BRL 11000 scope 1a, 1b, 2a, 2b, 4a en 4b). Daarnaast is VHGM voor het bovengrondse deel gecertificeerd voor het ontwerp van grote systemen in het kader van de BRL 6000-21/00 scopes 4 en 6.

Om deze deskundigheid te borgen zijn in het Besluit bodemkwaliteit en de onderliggende Regeling bodemkwaliteit een aantal werkzaamheden die samenhangen met het ontwerp, de aanleg en de exploitatie benoemd welke alleen door erkende bedrijven, zoals de adviseur, installateur, het boorbedrijf of de aannemer mogen worden uitgevoerd. Een opdrachtgever (initiatiefnemer) is verplicht om werkzaamheden die genoemd zijn in het Besluit bodemkwaliteit te laten uitvoeren door een bedrijf dat daarvoor een erkenning heeft. Onderstaand is een schema opgenomen met daarin een onderverdeling van diverse betrokken partijen bij de realisatie van een duurzaam klimaatsysteem en de daarvoor geldende BRL-erkenningen.



5 Haalbaarheid open bodemenergiesysteem en keuze OBES/ GBES

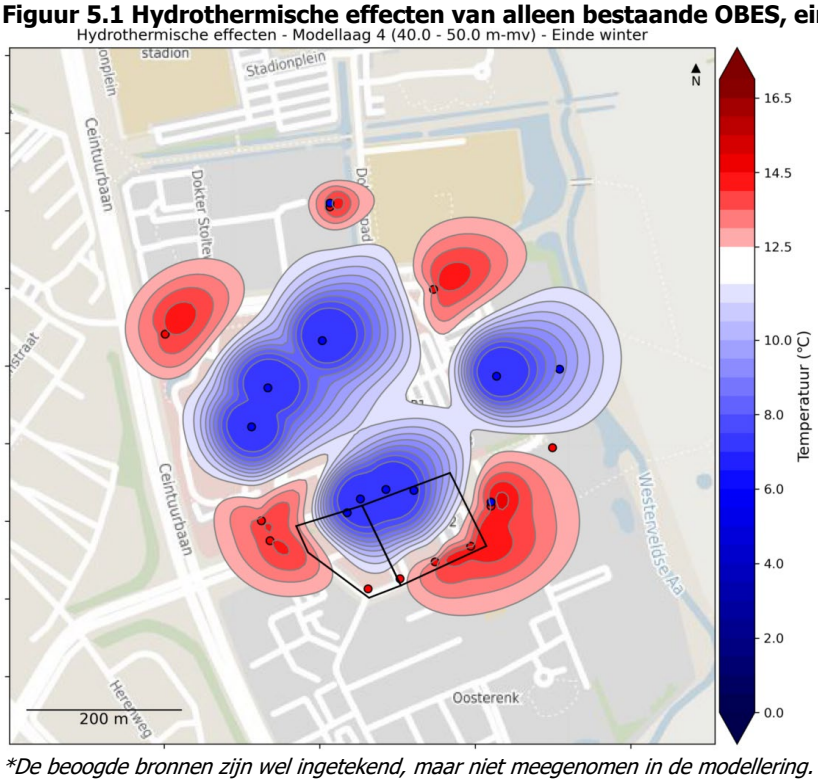
5.1 Haalbaarheid GBES

Tabel 1.1 toont bij een worstcasescenario de haalbaarheid voor GBES in de projectgebieden. Met behulp van de aangehouden kengetallen wordt grofweg uitgegaan van een individueel systeem per appartement wat een worstcasebenadering is. De haalbaarheid van GBES wordt sterk beperkt door de boordiepterestrictie van 90 m – mv. Uitgaande van realisatie voordat er gebouwd wordt, is inpassing van GBES niet mogelijk voor Kop van de Boulevard door een te hoge energievraag per eenheid oppervlak. Inpassing van GBES bij de ABC-locatie zal moeilijk zijn, maar potentieel haalbaar. Dit is uitsluitend middels gedetailleerde berekeningen en goede kwaliteitgegevens over de toekomstige gebiedsindeling vast te stellen. Daar komt nog eens bij dat inpassing juridisch gezien voor beide locaties problematisch is. De thermische bellen van Isala reiken namelijk tot in het gebied van ABC en Kop van de Boulevard. In tegenstelling tot OBES is louter positieve interferentie niet mogelijk.

Voor Stadsrand lijken GBES mogelijk. Hierbij zal wel een groot deel van het gebied (grofweg de helft van het oppervlak) moeten worden ingezet om de GBES te realiseren. Zo lang in het ontwerp rekening wordt gehouden met de negatieve onderlinge (binnen Stadsrand) interferentie zou dit mogelijk moeten zijn. Door de naar verwachting grofweg oostwaarts gerichte grondwaterstroming is er geen negatieve interferentie op bestaande bodemenergiesystemen.

De hoeveelheid lussen die benodigd zijn, is echter sterk afhankelijk van bepaalde ontwerpkeuzes. Een grote invloed heeft de keuze voor het type warmtepomp. Een water/water warmtepomp werkt efficiënter dan een water/brijn warmtepomp waardoor een "grotere" bron nodig is. Tevens dient rekening gehouden te worden met een hogere aanvoertemperatuur vanwege de vorstbeveiliging, waardoor de bron ook "groter" moet worden ontworpen. Anderzijds kan het aantal lussen worden beperkt door voor een bepaalde systeemopzet te kiezen. Het combineren van meerdere appartementen op klein-collectieve systemen kan leiden tot besparingen in de totale luslengte, ook omdat een lagere gelijktijdigheidsfactor gebruikt kan worden. Het is zelfs mogelijk om voor een bivalent systeem te kiezen in combinatie met een lucht/water warmtepomp om luslengte uit te sparen. Dit vraagt om een andere opzet waarbij eerder met afleversets gewerkt wordt in plaats van individuele warmtepompen.

Figuur 5.1 Hydrothermische effecten van alleen bestaande OBES, einde winter



De beoogde bronnen zijn wel ingetekend, maar niet meegenomen in de modellering.

5.2 Haalbaarheid en cumulatie van effecten OBES

Voor de aanleg van een open BES moet er een keuze gemaakt worden tussen de beschikbare watervoerende pakketten. De juridische en technische haalbaarheid van de watervoerende pakketten spelen hierbij een rol. Vanuit tabel 2.1 is onderscheid gemaakt in 2 verschillende watervoerende pakketten. Voor gesloten bodemenergiesystemen geldt een boordiepterestrictie van 90 m -mv. Deze is op open systemen niet van toepassing.

Watervoerend pakket 1 van 2 à 4 m tot 80 à 84 m –N.A.P.

Bodem

Dit pakket bestaat uit matig fijn tot uiterst grof zand. In het pakket komen weinig kleilagen voor en meerdere grindlagen. Het is bekend dat er door stuwing scheefgestelde kleischotten in het onderste deel van WVP1 kunnen voorkomen. Doordat het gestuwde afzettingen betreft is de ruimtelijke variatie in het pakket groter. Daardoor kan met minder zekerheid worden gesteld hoeveel meter filter kan worden geplaatst. Op basis van de dichtstbijzijnde boring uit DINOloket, B21G0530 op 300 m afstand, kan ca. 22 m filter worden gesteld. De boringen van Isala laten over het algemeen een veel groter maximaal aantal m filter zien. 20 m filter is benodigd om een brondebiet van ca. 100 m^3/h te halen. Dit is voor alle deelgebieden van Oosterenk voldoende om de energie- en vermogensvraag te dekken. Op basis de boringen van koude bron 2, koude bron 4 en warme bron 5 van Isala betekent dit dat het filter moet worden geplaatst vanaf 64 m – mv. Dat is naar verwachting voldoende diep om bronverstopping te voorkomen. Bij warme bron 3 van Isala is het onderste deel van het pakket rijk aan kleilagen. Op basis hiervan zou vanaf 42 m – mv filter moeten worden geplaatst. Het risico op bronverstopping is dan groter.

Grondwaterkwaliteit

Zoals in H2 beschreven, dienen filters zo diep mogelijk in het pakket te worden geplaatst vanwege potentiële bronverstopping door sulfaatreductie en/of het mengen van anaeroob en aeroob grondwater. De maximale diepte waarop filters kunnen worden geplaatst kan pas tijdens het boren van de bronnen worden bepaald. Daarom is het zaak om in de vergunningaanvraag een zo groot mogelijk traject binnen het 1^e watervoerende pakket aan te vragen met een niet te grote hoeveelheid filter. Zo blijft er het meeste speelruimte over tijdens de uitvoering. Tijdens de 1^e en opvolgende boringen moet verder worden gelet op de kleur van de zandlagen en de hoeveelheid kleilagen om zo goed mogelijk het risico op bronverstopping in te schatten.
Verder wordt er een relatief hoge ontgassingsdruk verwacht. Bij het stadhuis op 0,7 km ten oosten werd een relatieve ontgassingsdruk gemeten van 2,1 bar bij 25 °C. Bij het project City Post op 0,7 km ten zuiden van de locatie is een relatieve ontgassingsdruk van 1,1 bar gemeten. Tijdens het ontwerp zal er met soortgelijke ontgassingsdrukken rekening gehouden moeten worden, hetgeen impact heeft op de minimale systeemdruk. Ook voor de ontgassingsdruk geldt dat het de voorkeur heeft de filters zo diep mogelijk te plaatsen.

Brondebiet

Rekening houdende met de onzekerheid in de bodemopbouw en grondwaterkwaliteit wordt een filterlengte van 20 m aangehouden in de berekeningen. Pompproeven bij City Post wijzen op een kh (doorlatendheid) van 58 à 67 m/d. Omdat het een gestuwd pakket betreft kan ook de kh in ruimtelijke zin veel variëren. Daarom wordt in de berekening van het brondebiet uitgegaan van een kh van 40 m/d. Het toelaatbare brondebiet bij 1200 vollasturen en een boordiameter van 800 mm is 104 m^3/h. In de vergunningaanvraag van het Isala ziekenhuis zijn bronnen van 145 m^3/h vergund. We hebben op dit moment niet voldoende gegevens om te bepalen of deze vergunning aansluit op de werkelijk behaalde debieten bij Isala.

Grondwaterstroming

De grondwaterstroomsnelheid is middelmatig. Idealiter dient er rekening te worden gehouden met de stromingsrichting bij de bronpositionering. De grondwaterstromingsrichting in dit gebied is echter hoogst variabel en daardoor onzeker. Voorlopig wordt uitgegaan van een stromingsrichting van ca. 70° (ONO). Dit sluit aan op het bronnenpatroon van Isala. In de modelberekeningen van deze haalbaarheidsstudie wordt echter ook de stromingsrichting van 190° doorgerekend.
Zo kunnen we bepalen of de bronnen ook bij een andere grondwaterstromingsrichting met een goed thermisch rendement kunnen draaien.

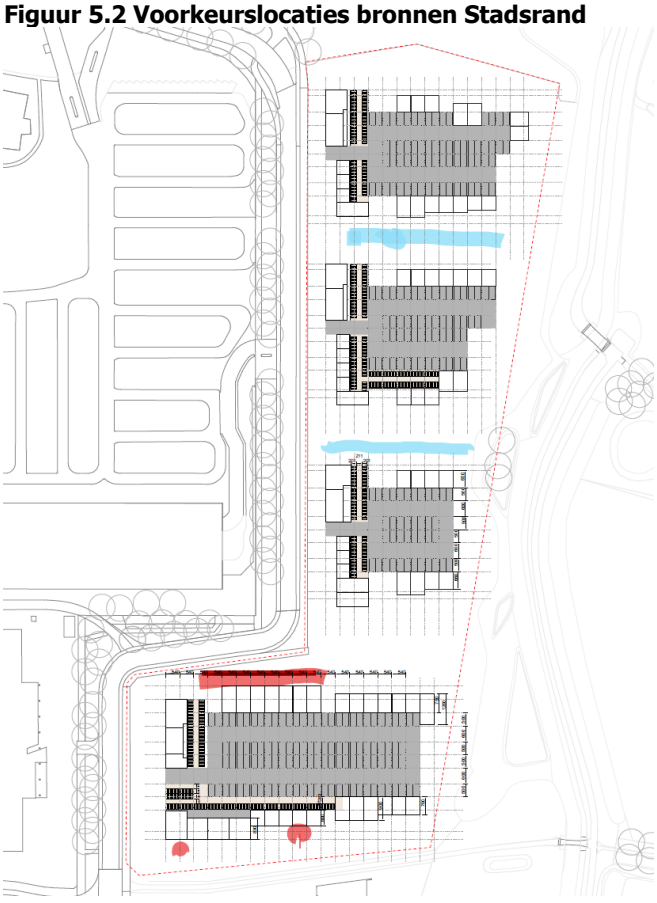
Watervoerend pakket 2 van 93 à 96m tot 196 à 197 m –N.A.P.

Dit pakket bestaat hoofdzakelijk uit matig fijn tot matig grof zand van de formatie van Maassluis (WVP2A) en vanaf ca. 140 à 150 m -N.A.P. uit de eerste zandige eenheid van de formatie van Oosterhout (WVP2B). De zoet/brak grens ligt op ca. 160 à 180 m -N.A.P.. Het vermengen van zoet en brak grondwater is niet toegestaan en in verband met de relatief nabijgelegen drinkwaterwingebieden ook uiterst onwenselijk. Daarom kan alleen WVP2A worden gebruikt (tenzij nieuwe metingen een andere ligging van de zoet/ brak grens aantonen). Op basis van diepe boringen uit het zuidwesten van Zwolle (ca. 3,5 tot 4 km afstand) kan in WVP2A slechts een beperkte hoeveelheid filter worden gesteld van tussen de 5 en 14 m. In één boring kan zelfs maar 1 m filter worden afgesteld. Met fijne filterspleten en fijne omstorting kan uitgegaan worden van iets meer filter. Bij 10 m filter, een kh van 14 m/d, 1200 vollasturen en een boordiameter van 800 mm kan slechts 28 m^3/h worden geïnfiltreerd. De inzetbaarheid van dit pakket is dus onzeker. De lage grondwaterstroomsnelheid in het pakket is wel gunstig. Daarnaast kan er geen interferentie optreden met de omliggende bronnen die in WVP1 zijn gelegen (Isala). Aangeraden wordt om alleen op dit pakket in te zetten indien door interferentie met bestaande systemen geen vergunning kan worden verkregen voor het 1^e watervoerende pakket. Dan moet eerst zekerheid worden verkregen van de opbouw van het pakket door een proefboring uit te voeren.

5.3 Aantal bronnen en mogelijke positionering

Op basis van de energetische uitgangspunten (tabel 1.1) heeft elk deelgebied genoeg aan één doublet om de vermogensvraag te dekken. Wel heeft Yffi van den Berg (BPD) aangegeven dat het misschien wenselijk is om twee doubletten in te zetten voor Stadsrand in het kader van de faseerbaarheid. Voorlopig wordt in dit haalbaarheidsonderzoek uitgegaan van 1 doublet. Locatie Stadsrand biedt echter voldoende ruimte voor een tweede doublet indien voldoende afstand tot de bestaande monobron van de dokter van Thienenweg wordt aangehouden (figuur 3.1). De door BPD opgegeven voorkeurslocaties voor bronnen worden in onderstaande figuur getoond, waarbij de noordelijke rode zone en de zuidelijke blauwe zone de voorkeur hebben voor respectievelijk warme en koude bron(nen).

Figuur 5.2 Voorkeurslocaties bronnen Stadsrand



5.4 Combinatie met nabijgelegen ontwikkelingen

Algemeen

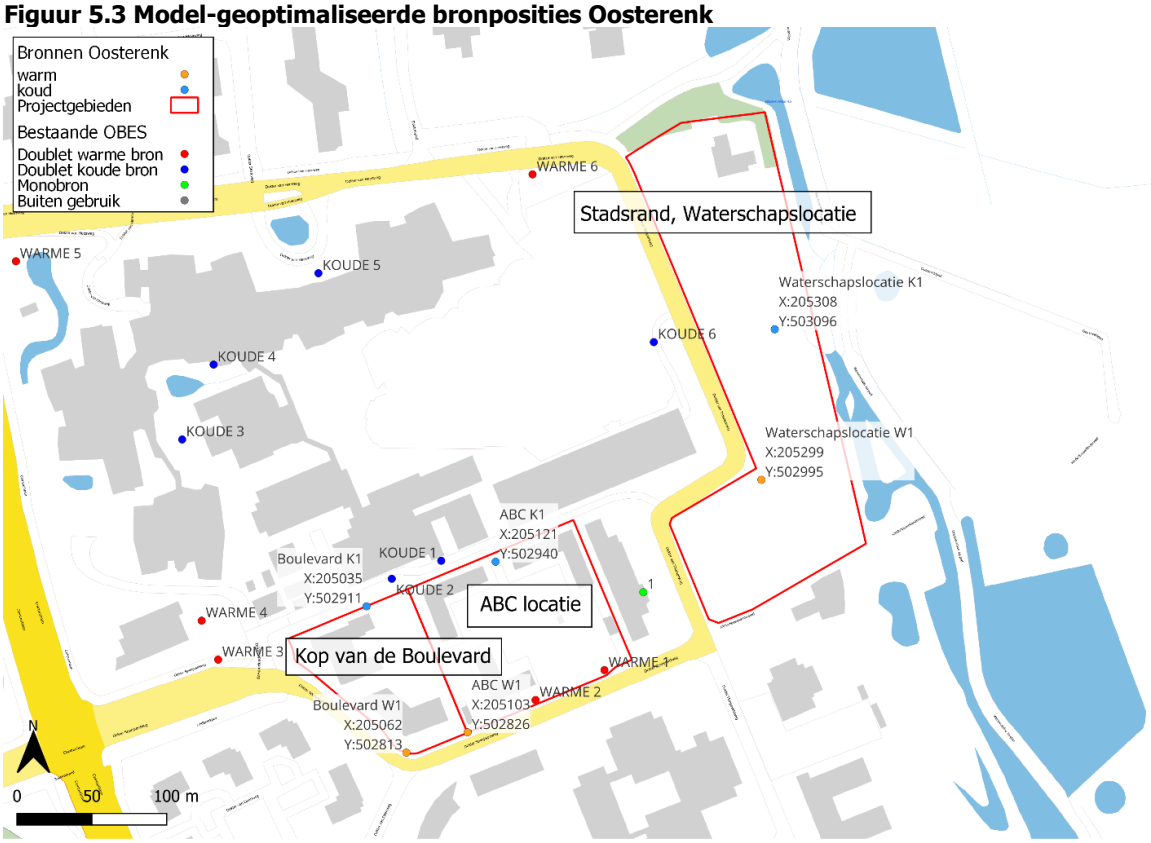
De doubletten van Isala alsmede de monobron van de dokter van Thienenweg (figuur 3.1) zorgen ervoor dat er weinig speelruimte voor bronpositionering is bij Kop van de Boulevard en de ABC locatie. Bij stadsrand is inpassing makkelijker, al moet wel rekening worden gehouden met de monobron van de dokter van Thienenweg en het nabijgelegen doublet van Isala.

Er zijn 6 modellen gedraaid om te komen tot een zo optimaal mogelijke indeling. Een optimale indeling beperkt zoveel mogelijk de invloed op bestaande systemen zodat het onderhavige project vergunbaar is, en bewaakt daarbij een goed thermisch rendement voor het onderhavige project. Op basis van de modeloptimalisatie zijn de in figuur 5.3 getoonde bronposities gekozen.

In het cumulatieve model zijn de volgende bestaande systemen meegenomen: Isala, monobron Dokter van Thienenweg 8, monobron Dokter Stolteweg 2 en de bronnen van het onderhavige project. Van de bestaande monobronnen was de waterhoeveelheid niet bekend. Deze is ingeschat op basis van 1.200 vollasturen. De bronnen van Oosterenk is een debiet van 100 m^3/h toegekend bij 1.200 vollasturen. Hierbij is dus een slag om de arm genomen ten opzichte van het benodigde brondebiet (tabel 1.1) omdat de energiebehoefte op basis van globale uitgangspunten is berekend.

In bijlage 3 worden de thermische en hydrologische effecten van het model getoond. Hierin is goed duidelijk dat de systemen net aan ingepast kunnen worden. Aan het einde van de winter-/zomer-periode treedt er nog geen kortsluiting op (figuur 1 in bijlage 3). Op de onttrekkingstemperaturen van de bronnen wordt in de onderstaande tekst per deelgebied dieper ingegaan. In figuur 2 en 3 in bijlage 3 valt het op dat de onttrekkingstemperaturen van Kop van de Boulevard het meeste verlies kennen ten opzichte van de infiltratietemperatuur, gevolgd door de bronnen van de ABC-locatie. De locatie Stadsrand kent slechts een beperkt thermisch verlies. Verder valt op dat het thermisch verlies van de koude bronnen groter is dan dat van de warme bronnen. Dit is in principe gunstig omdat verwacht wordt dat de vraag naar warmte groter is dan de vraag naar koude.

Figuur 5.3 Model-geoptimaliseerde bronposities Oosterenk



Kop van de Boulevard

Voor Kop van de Boulevard zit het probleem met de inpassing met name in het feit dat er moet worden geschipperd tussen een thermisch gezien optimale inpassing voor het eigen project en de effecten op de nabijgelegen bronnen van Isala. Middels meerdere modelberekeningen zijn we gekomen tot de indeling van figuur 5.2. Bij deze indeling is er sprake van de volgende cumulatie van effecten:

- Het gemiddelde temperatuurverlies van de bronnen van Kop van de Boulevard in de bodem bedraagt 1,2 (W) à 1,4 (K) kelvin.
- Het uiterste temperatuurverlies is 2,9 (W) à 4,2 (K) kelvin.
- De negatieve beïnvloeding van het gemiddelde temperatuurverlies van W3 van Isala is 0,1 kelvin.

ABC-locatie
Bij de ABC-locatie is inpassing uitdagend doordat er cumulatie van effecten optreedt met zowel het systeem van Isala als het systeem van Kop van de Boulevard. Door cumulatie van effecten is er ook nog risico op het negatief beïnvloeden van de nabijgelegen monobron van de Dokter van Thienenweg (figuur 5.2). Dit wordt besproken onder het kopje "Stadsrand". Tenslotte is er snel een te hoge cumulatie van hydrologische effecten waardoor de grondwaterstand nabij maaiveld sterke effecten ondervindt.

Bij de gekozen indeling is er sprake van de volgende cumulatie van effecten:

- Het gemiddelde temperatuurverlies van de bronnen van ABC-locatie in de bodem bedraagt 0,9 (W) à 1,0 (K) kelvin.
- Het uiterste temperatuurverlies is 2,4 (W) à 3,2 (K) kelvin.
- De negatieve beïnvloeding van het gemiddelde temperatuurverlies van W1 van Isala is 0,1 kelvin
- Er is een positieve beïnvloeding van het gemiddelde temperatuurverlies van bronnen W2, K1 en K2 van Isala.
- De vergroting van de stijghoogteverandering in het freatische pakket is beperkt, 9 cm.

Stadsrand
De inpassing van de bronnen bij stadsrand is minder uitdagend omdat er relatief veel ruimte op het perceel is. Wel kan er sprake zijn van negatieve invloed op de monobron van de Dokter Thienenweg. Het thermisch effect op W6 en K6 van Isala is per definitie positief doordat koud bij koud en warm bij warm wordt geplaatst. Bij optimale inpassing binnen de gegeven voorkeurslocaties (figuur 5.1) is er sprake van de volgende cumulatie van effecten:

- Het gemiddelde temperatuurverlies van de bronnen van Stadsrand in de bodem bedraagt 1,1 (W) à 1,0 (K) kelvin.
- Het uiterste temperatuurverlies is 2,5 (W) à 2,4 (K) kelvin.
- De negatieve beïnvloeding van het gemiddelde temperatuurverlies van de monobron van de Dokter Thienenweg is 0,2 kelvin (warme bron)

Combinatie met de energievoorziening van scholen of andere naastliggende gebouwen
Gegeven de indicatieve energie- en vermogensvraag in tabel 1.1, is er bij een maximaal brondebiet van ten minste 100 m^3/h vermogen over om eventueel andere ontwikkelingen dan wel bestaande gebouwen van energie te voorzien. Dit is met name interessant als een energiebedrijf de energievoorziening van Oosterenk voor haar rekening neemt. Voor de hand liggende koppelingen betreffen bijvoorbeeld Trias Jeugdhulp Zwolle en de scholen De Twijn en The Ambelt. Mits goede afstemming kan worden gevonden met deze andere partijen, hoeft dit geen vertraging van het proces op te leveren. Verwacht wordt dat de gemeente een dergelijke synergie zal willen steunen. Vanuit het vergunningproces hoeft de synergie geen vertraging op te leveren. Bij het genoemde debiet en de genoemde bronposities is de cumulatie van effecten namelijk beperkt.

Wanneer grotere brondebieten (> 100 m^3/h) worden aangevraagd om extra naastgelegen gebouwen van energie te kunnen voorzien, is er een groter risico op interferentie met de bestaande systemen van Isala en, indien de onderzijde van het 1^e watervoerende pakket van tegenvallende kwaliteit is, op bronverstopping.

Voorlopig gaan we ervan uit dat de maximale aan te leggen capaciteit per bron 100 m^3/h bedraagt. Tabel 5.1 toont wat de overcapaciteit is indien één doublet per projectlocatie wordt aangelegd en indien een warmtenet voor het gehele gebied wordt aangelegd bestaande uit twee doubletten. Het complex van de Ambelt, de Twijn en S'Heerenloo aan de westzijde van de dokter Hengeveldweg heeft al ca. 820 kW nodig uitgaande van 40W/m2 bij een drielaags gebouw met 6.800 m^2 footprint. Deze is dus niet goed in te passen met één van de projectgebieden van Oosterenk. Het complex van de Ambelt Oosterenk tezamen met Trias Jeugdhulp Zwolle schatten we in op ca. 220 kW benodigd vermogen. Dit is dus wel potentieel een goede match met de overcapaciteit van Stadsrand.

Tabel 5.1 Overcapaciteit ten opzichte van doubletten van 100 m^3/h

	Eenheid	Projectgebieden			Bronnet
		Stadsrand, waterschapslocatie	Kop van de boulevard	ABC locatie	
Benodigd brondebiet	m^3/h	66	79	60	198
Overcapaciteit	m^3/h	34	21	40	2 à 102*
Overcapaciteit	kW	276	171	325	16 à 828

* Indien twee doubletten voor het hele gebied worden ingezet. Gezien de beperkte overcapaciteit en onzekerheid in de energievraag is het goed mogelijk dat drie doubletten worden ingezet.

Mogelijke toekomstige ontwikkelingen volgens opdrachtgever

Uitbreiding van het ziekenhuis zelf met een extra vleugel (aan de Dokter van Thienenweg);
Indien hier een extra bron voor wordt geboord kan dit impact hebben op onze plannen voorOosterenk. Als de vergunningsaanvraag van een eventuele nieuwe bron eerder komt dan de vergunningaanvraag van bijvoorbeeld Stadsrand, kan het zijn dat hier hinder van kan worden ondervonden.

Transformeren bestaande kantoren (Midwest; 5 kantoorpanden op de hoek van de Dokter van Deenweg, Dokter Spanjaardweg, Ceintuurbaan) naar woningen;
Deze ontwikkeling is potentiaal problematisch. Er is al sprake van krapte bij de Kop van de Boulevard. Als hier serieuze plannen zijn voor bodemenergie heeft het de voorkeur dit in onderling overleg te doen, zodat de bronposities op elkaar kunnen worden afgestemd. De hoeveelheid betrokken partijen bij deze ontwikkeling speelt een rol bij de moeilijkheidsgraad. Indien het één partij is, kunnen we makkelijker een oplossing vinden.

6 Slotopmerkingen

6.1 Conclusie en samenvatting

Voor de energie-/klimaatvoorziening van het ontwikkelgebied Oosterenk wordt overwogen om gebruik te maken van een duurzaam bodemenergiesysteem voor de verwarming en koeling van de gebouwen.

Uit dit onderzoek blijkt dat gesloten bodemenergiesystemen voor Kop van de Boulevard en de ABC-locatie waarschijnlijk niet haalbaar zijn door de dieptebeperking van 90 m -mv, de hoge energievraagdichtheid en juridische beperkingen door de bestaande OBES van Isala. Alleen met grote aanpassingen in het systeemconcept, (klein)schalige collectiviteit en eventueel een bivalente energieoplossing zouden er nog mogelijkheden kunnen zijn. Voor Stadsrand lijken gesloten bodemenergiesystemen wel haalbaar, maar om dit definitief te bepalen zijn nauwkeurige ontwerpberekeningen nodig. Duidelijk is wel dat door de boordiepterestrictie van 90 meter de optie voor gesloten bodemenergie naar verhouding duurder is dan bij een locatie waar wel dieper geboord mag worden. Indien wordt besloten om te opteren voor een open bodemenergiesysteem hoeft dit niet nader te worden uitgezocht.

Uit modelberekeningen blijkt dat een individueel open bodemenergiesysteem bestaande uit één doublet voor alle locaties mogelijk is. Voor Stadsrand is het naar verwachting ook mogelijk om de energievoorziening middels twee doubletten te voldoen om zo beter te kunnen inspelen op de fasering. Dit betekent uiteraard een hogere kostenopgave per woning dan één doublet. De haalbaarheid van deze verschillende opzetten kunnen berekend worden zowel technisch als financieel om vervolgstappen te zetten. Een andere mogelijkheid is om deze vragen uit te zetten bij marktpartijen om vervolgens de conceptaanbiedingen te vergelijken.

Er zijn mogelijkheden voor synergie met nabijgelegen gebouwen. De grootste kans lijkt te liggen bij het aansluiten van school/zorggebouwen aan de oostzijde van de dokter Hengeveldweg op overcapaciteit van gebied Stadsrand. Bij het ontwikkelen van een doublet per ontwikkellocatie is er namelijk sprake van overcapaciteit. Hoe meer afnemers per doublet betekent over het algemeen een lagere investering van de Bijdrage Aansluit Kosten. Het advies luidt dan ook om dit op zijn minst te onderzoeken richting exploitatie.

Het grootste aandachtspunt in dit gebied is de grondwaterkwaliteit. Filters dienen zo diep mogelijk in het pakket te worden geplaatst vanwege potentiële bronverstopping door sulfaatreductie en/of het mengen van anaeroob en aeroob grondwater. De maximale diepte waarop filters kunnen worden geplaatst kan pas tijdens het boren van de bronnen worden geplaatst. Daarom is het zaak om in de vergunningaanvraag een zo groot mogelijk traject binnen het 1^{e} watervoerende pakket aan te vragen met een niet te grote hoeveelheid filter. Zo blijft er het meeste speelruimte over tijdens de uitvoering. Deze speelruimte is benodigd omdat de bronboringen van het Isala ziekenhuis laten zien dat de bodemopbouw variabel is.

6.2 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om als vervolg op de haalbaarheidsstudie een nauwkeurige berekening te (laten) maken van de warmte- en koudevraag van de gebouwen en daarmee een systeemconcept op te stellen, alsmede een keuze te maken voor GBES of OBES. Vervolgens kan aan de hand hiervan een exploitatiemodel worden opgezet om de financiële consequenties per concept te onderzoeken. Vervolgens kunnen de exploitatiepartijen worden uitgevraagd om een aanbieding te maken. Eventueel kan dit ook worden gedaan zonder de concepten verder te onderzoeken en dit aan de markt over te laten.

Aangezien de gemeente heeft aangegeven te gaan onderzoeken of een bodemenergieplan in dit gebied opgesteld moet worden, stellen we voor deze studie met de gemeente te delen zodra meer duidelijk is over de gekozen systeemconcepten. In deze fase moeten er keuzes voor bronlocaties gemaakt worden. Daarnaast moet in geval van OBES worden nagedacht over de mate van regeneratie en hoe kan worden toegewerkt naar een hydrologische balans (bijvoorbeeld door ongelijke delta T tussen de seizoenen) zodat het risico op bronverstopping wordt beperkt. Voor de locatie Stadsrand wordt aangegeven dat droge koelers waarschijnlijk goed inpasbaar zijn.

Tenslotte kan, eventueel ondersteund door VHGM en/of een energiebedrijf, worden verkend of synergie met naastgelegen ontwikkelingen en of bestaande gebouwen van meerwaarde is voor de locaties. Als vervolg op het ontwerp kunnen de vergunning worden aangevraagd.

kwaliteit in bodemenergie

VHGM
Leidsevaart 580
2014 HT Haarlem

Bijlagen haalbaarheidsonderzoek

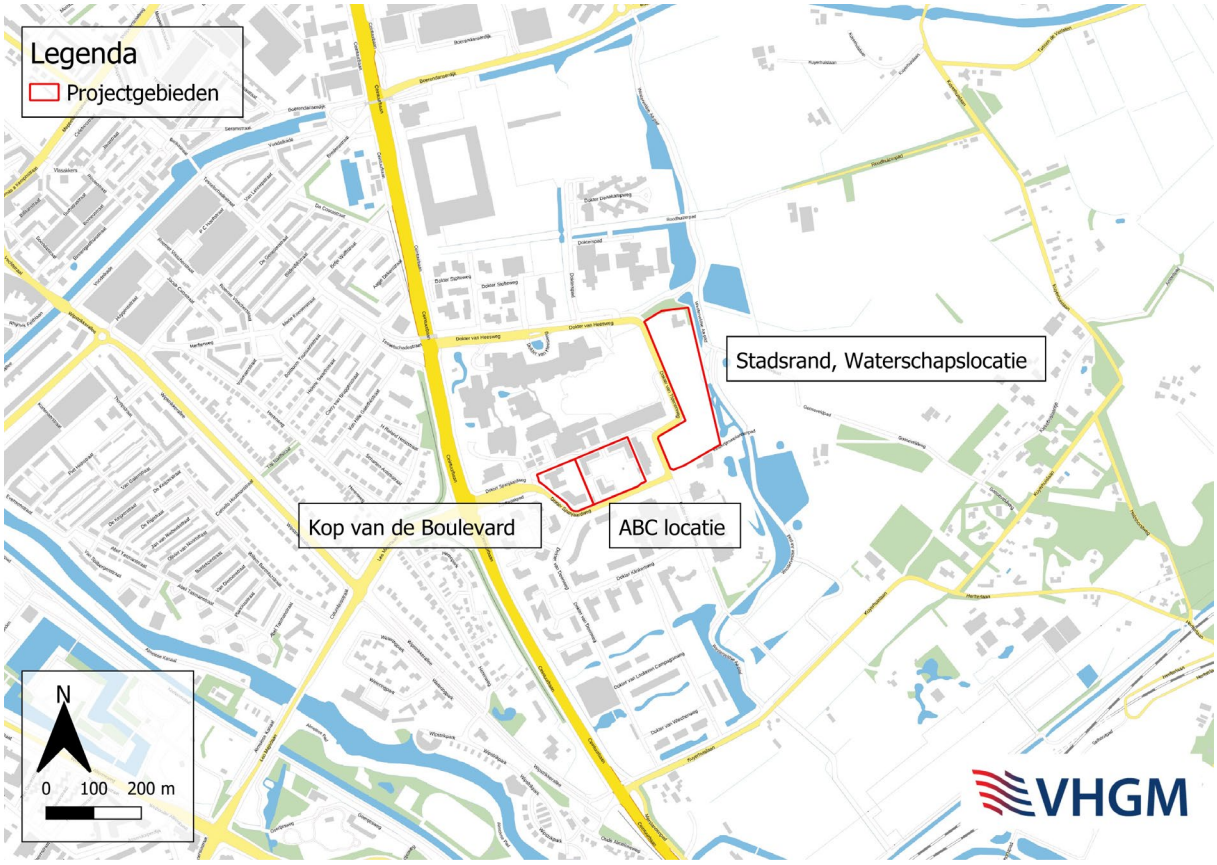
Bodemenergie en aquathermie

Oosterenk - Zwolle

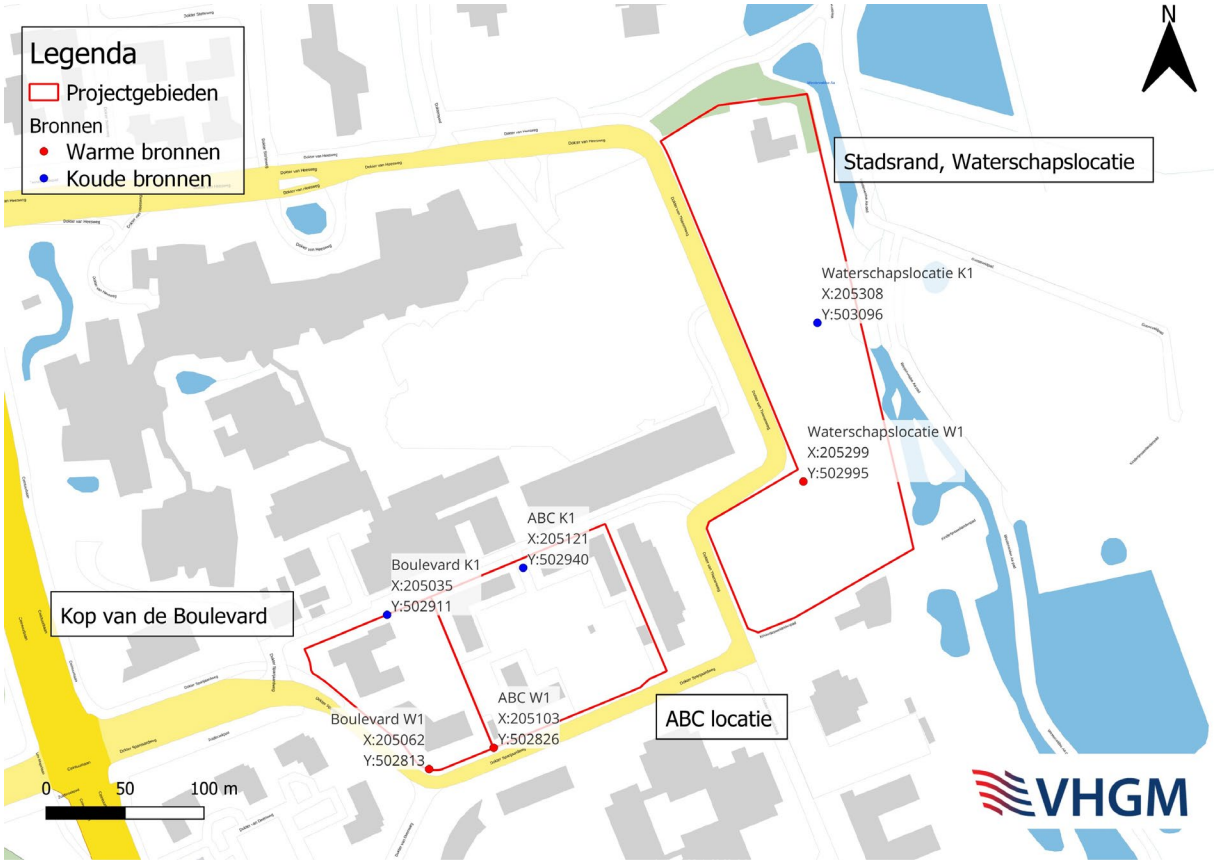
Dit rapport is opgesteld in opdracht van
Deenweg B.V.

KENMERK 11322/230075/DvH | **DATUM** 5 september 2023 | **STATUS** Definitief

Omgevingskaart



Bronlocaties



Boorbeschrijvingen

Voor de bodemopbouw is gebruik gemaakt van de boorstaten van het Isala ziekenhuis.
De boorstaten zijn hieronder weergegeven.

Plaats/project	:	Zwolle/Isala Kliniek	Datum uitvoering	:	10 t/m 12 april 2012
Boringnummer	:	AK2	Werknummer	:	3220316
Boormethode	:	Zuigboren/luchtliften	Boordiameter	:	Ø700 mm
Boormeester	:	T. de Jong/A. van Bostelen			
Beschrijver	:	T. de Jong			

Diepte der lagen in meters -/- maaiveld					
van	tot	Hoofdnaam	µm	Grondsoort	Gesteldheid, kleur, Bijmengsel
0,00	1,00	Teelaarde			zand
1,00	2,00	Teelaarde			zand
2,00	3,00	Zand	290	Matig grof	
3,00	4,00	Zand	320	Zeer grof	
4,00	5,00	Zand	320	Zeer grof	
5,00	6,00	Zand	300	Zeer grof	
6,00	7,00	Zand	480	Uiterst grof	
7,00	8,00	Zand	480/900	Uiterst grof	
8,00	9,00	Zand	480/900	Uiterst grof	
9,00	10,00	Zand	480/900	Uiterst grof	
10,00	11,00	Zand	450	Uiterst grof	
11,00	12,00	Zand	450	Uiterst grof	
12,00	13,00	Zand	320	Zeer grof	
13,00	14,00	Zand	320	Zeer grof	
14,00	15,00	Zand	340	Zeer grof	
15,00	16,00	Zand	300	Zeer grof	
16,00	17,00	Zand	300	Zeer grof	
17,00	18,00	Zand	320	Zeer grof	
18,00	19,00	Zand	300	Zeer grof	
19,00	20,00	Zand	300	Zeer grof	
20,00	21,00	Zand	280	Matig grof	
21,00	22,00	Zand	280	Matig grof	
22,00	23,00	Zand	360	Zeer grof	
23,00	24,00	Zand	380	Zeer grof	
24,00	25,00	Zand	360	Zeer grof	
25,00	26,00	Zand	380	Zeer grof	
26,00	27,00	Zand	400	Zeer grof	
27,00	28,00	Zand	400	Zeer grof	
28,00	29,00	Zand	450	Uiterst grof	
29,00	30,00	Zand	450	Uiterst grof	
30,00	31,00	Zand	400	Zeer grof	
31,00	32,00	Zand	400	Zeer grof	
32,00	33,00	Zand	400	Zeer grof	
33,00	34,00	Zand	280	Matig grof	
34,00	35,00	Zand	280	Matig grof	

Plaats/project	:	Zwolle/Isala Kliniek	Datum uitvoering	:	10 t/m 12 april 2012
Boringnummer	:	AK2	Werknummer	:	3220316
Boormethode	:	Zuigboren/luchtliften	Boordiameter	:	Ø700 mm
Boormeester	:	T. de Jong/A. van Bostelen			
Beschrijver	:	T. de Jong			

Diepte der lagen in meters -/- maaiveld					
van	tot	Hoofdnaam	µm	Grondsoort	Gesteldheid, kleur, Bijmengsel
35,00	36,00	Zand	280	Matig grof	
36,00	37,00	Zand	300	Zeer grof	
37,00	38,00	Zand	420	Uiterst grof	
38,00	39,00	Zand	420	Uiterst grof	
39,00	40,00	Zand	400	Zeer grof	
40,00	41,00	Zand	400	Zeer grof	
41,00	42,00	Klei		Matig vast	grijs
42,00	43,00	Klei		Matig vast	grijs
43,00	44,00	Klei		Matig vast	grijs
44,00	45,00	Klei		Matig vast	grijs
45,00	46,00	Klei		Matig vast	grijs
46,00	47,00	Zand	280	Matig grof	
47,00	48,00	Zand	300	Zeer grof	
48,00	49,00	Zand	320	Zeer grof	
49,00	50,00	Zand	320	Zeer grof	
50,00	51,00	Zand	320	Zeer grof	
51,00	52,00	Zand	300	Zeer grof	
52,00	53,00	Zand	280	Matig grof	
53,00	54,00	Zand	280	Matig grof	
54,00	55,00	Zand	280	Matig grof	
55,00	56,00	Zand	390	Zeer grof	
56,00	57,00	Zand	400	Zeer grof	
57,00	58,00	Zand	400	Zeer grof	
58,00	59,00	Zand	400	Zeer grof	
59,00	60,00	Zand	380	Zeer grof	
60,00	61,00	Zand	380	Zeer grof	
61,00	62,00	Zand	380	Zeer grof	
62,00	63,00	Zand	440	Uiterst grof	
63,00	64,00	Zand	440	Uiterst grof	
64,00	65,00	Zand	400	Zeer grof	
65,00	66,00	Zand	400	Zeer grof	
66,00	67,00	Zand	480	Uiterst grof	
67,00	68,00	Zand	480	Uiterst grof	
68,00	69,00	Zand	480	Uiterst grof	
69,00	70,00	Zand	400	Zeer grof	

Plaats/project	:	Zwolle/Isala Kliniek	Datum uitvoering	:	10 t/m 12 april 2012
Boringnummer	:	AK2	Werknummer	:	3220316
Boormethode	:	Zuigboren/luchtliften	Boordiameter	:	Ø700 mm
Boormeester	:	T. de Jong/A. van Bostelen			
Beschrijver	:	T. de Jong			

Diepte der lagen in meters -/- maaiveld					
van	tot	Hoofdnaam	µm	Grondsoort	Gesteldheid, kleur, Bijmengsel
70,00	71,00	Zand	390	Zeer grof	
71,00	72,00	Zand	380	Zeer grof	
72,00	73,00	Zand	360	Zeer grof	
73,00	74,00	Zand	360	Zeer grof	
74,00	75,00	Zand	360	Zeer grof	
75,00	76,00	Zand	360	Zeer grof	
76,00	77,00	Zand	360	Zeer grof	
77,00	78,00	Zand	360	Zeer grof	
78,00	79,00	Zand	360	Zeer grof	
79,00	80,00	Zand	380	Zeer grof	
80,00	81,00	Zand	380	Zeer grof	
81,00	82,00	Zand	360	Zeer grof	
82,00	83,00	Zand	360	Zeer grof	
83,00	84,00	Zand	380	Zeer grof	

Plaats/project	:	Zwolle/Isala Kliniek	Datum filterstelling	:	12 april 2012
Boringnummer	:	AK2	Werknummer	:	3220316
Boormethode	:	Zuigboren/luchtliften	Diameter filter	:	Ø315x290 mm
Boormeester	:	T. de Jong/A. van Bostelen	Diameter bovenkoker	:	Ø400x369 mm
Beschrijver	:	T. de Jong	Perforatie	:	0,5 mm

Diepte der lagen in meters -/- maaiveld van	tot	
		In het boorgat is afgesteld:
		Pompfilter
81,00	80,00	PVC zandvang Ø315x290 mm
80,00	48,00	PVC pompfilter Ø315x290 mm (perforatie 0,5 mm)
48,00	25,00	PVC stijgbuis Ø315x290 mm
25,00	+1,00	PVC stijgbuis Ø400x369 mm
		Peilbuis 1
50,00	48,00	PVC zandvang Ø32x28 mm
48,00	25,00	PVC peilfilter Ø32x28 mm (perforatie 0,5 mm)
25,00	+1,00	PVC stijgbuis Ø63x58 mm
		Peilbuis 2
33,00	31,00	PVC peilfilter Ø32x28 mm (perforatie 0,5 mm)
31,00	+1,00	PVC stijgbuis Ø32x28 mm
		Peilbuis 3
7,00	5,00	PVC peilfilter Ø32x28 mm (perforatie 0,5 mm)
5,00	+1,00	PVC stijgbuis Ø32x28 mm
30,00	0,00	Aardedraad

Plaats/project	:	Zwolle/Isala Kliniek	Datum filterstelling	:	12 april 2012
Boringnummer	:	AK2	Werknummer	:	3220316
Boormethode	:	Zuigboren/luchtliften	Diameter filter	:	Ø315x290 mm
Boormeester	:	T. de Jong/A. van Bostelen	Diameter bovenkoker	:	Ø400x369 mm
Beschrijver	:	T. de Jong	Perforatie	:	0,5 mm

Diepte der lagen in meters -/- maaiveld		
van	tot	
		Het boorgat is aangevuld met:
84,00	81,00	Aanvulgrind 2 - 5 mm
81,00	47,00	Filtergrind 0,6 - 1,0 mm
47,00	42,00	Klei BK300
42,00	36,00	Aanvulgrind 2 - 5 mm
36,00	34,00	Klei BK00
34,00	30,00	Aanvulgrind 2 - 5 mm
30,00	27,00	Klei BK00
27,00	10,00	Aanvulgrind 2 - 5 mm
10,00	8,00	Klei BK00
8,00	4,00	Aanvulgrind 2 - 5 mm
4,00	2,00	Klei BK00
2,00	0,00	Aanvulgrind 2 - 5 mm

Plaats/project	:	Zwolle/Isala Kliniek	Datum uitvoering	:	14 en 15 maart 2012
Boringnummer	:	AW3	Werknummer	:	3220316
Boormethode	:	Zuigboren/luchtliften	Boordiameter	:	Ø700 mm
Boormeester	:	T. de Jong/V. Kaspers			
Beschrijver	:	T. de Jong			

Diepte der lagen in meters -/- maaiveld					
van	tot	Hoofdnaam	µm	Grondsoort	Gesteldheid, kleur, Bijmengsel
0,00	1,00	Zand	120	Zeer fijn	bruin
1,00	2,00	Zand	120	Zeer fijn	bruin
2,00	3,00	Zand	380	Zeer grof	bruin
3,00	4,00	Zand	380	Zeer grof	bruin
4,00	5,00	Zand	340	Zeer grof	bruin
5,00	6,00	Zand	210	Matig grof	bruin
6,00	7,00	Zand	200	Matig fijn	bruin
7,00	8,00	Zand	210	Matig grof	bruin
8,00	9,00	Zand	360	Zeer grof	bruin
9,00	10,00	Zand	300	Zeer grof	bruin
10,00	11,00	Zand	300	Zeer grof	bruin, veel stenen
11,00	12,00	Zand	300	Zeer grof	bruin, veel stenen
12,00	13,00	Zand	300	Zeer grof	bruin, veel stenen
13,00	14,00	Zand	180	Matig fijn	bruin
14,00	15,00	Zand	180	Matig fijn	bruin
15,00	16,00	Zand	430	Uiterst grof	bruin
16,00	17,00	Zand	450	Uiterst grof	bruin
17,00	18,00	Zand	180	Matig fijn	bruin
18,00	19,00	Zand	200	Matig fijn	bruin, enkel veenstukje
19,00	20,00	Zand	200	Matig fijn	bruin, enkel kleilensje
20,00	21,00	Zand	360	Zeer grof	bruin
21,00	22,00	Zand	320	Zeer grof	bruin
22,00	23,00	Zand	180	Matig fijn	bruin
23,00	24,00	Zand	240	Matig grof	bruin
24,00	25,00	Zand	220	Matig grof	bruin, enkel kleilensje
25,00	26,00	Zand	180	Matig fijn	bruin
26,00	27,00	Zand	200	Matig fijn	bruin
27,00	28,00	Zand	200	Matig fijn	bruin
28,00	29,00	Zand	210	Matig grof	bruin
29,00	30,00	Zand	280	Matig grof	bruin
30,00	31,00	Zand	320	Zeer grof	bruin
31,00	32,00	Zand	200	Matig fijn	bruin
32,00	33,00	Zand	200	Matig fijn	bruin
33,00	34,00	Zand	420	Uiterst grof	bruin
34,00	35,00	Zand	450	Uiterst grof	bruin

Plaats/project	:	Zwolle/Isala Kliniek	Datum uitvoering	:	14 en 15 maart 2012
Boringnummer	:	AW3	Werknummer	:	3220316
Boormethode	:	Zuigboren/luchtliften	Boordiameter	:	Ø700 mm
Boormeester	:	T. de Jong/V. Kaspers			
Beschrijver	:	T. de Jong			

Diepte der lagen in meters -/- maaiveld					
van	tot	Hoofdnaam	µm	Grondsoort	Gesteldheid, kleur, Bijmengsel
35,00	36,00	Zand	510	Uiterst grof	bruin
36,00	37,00	Zand	240	Matig grof	bruin
37,00	38,00	Zand	200	Matig fijn	bruin
38,00	39,00	Zand	240	Matig grof	bruin
39,00	40,00	Zand	280	Matig grof	bruin
40,00	41,00	Zand	300	Zeer grof	bruin
41,00	42,00	Zand	260	Matig grof	bruin
42,00	43,00	Zand	340	Zeer grof	bruin
43,00	44,00	Zand	220	Matig grof	bruin
44,00	45,00	Zand	260	Matig grof	bruin
45,00	46,00	Zand	210	Matig grof	bruin
46,00	47,00	Zand	260	Matig grof	bruin
47,00	48,00	Zand	260	Matig grof	bruin
48,00	49,00	Zand	300	Zeer grof	bruin
49,00	50,00	Zand	220	Matig grof	bruin
50,00	51,00	Zand	210	Matig grof	bruin
51,00	52,00	Zand	220	Matig grof	bruin
52,00	53,00	Zand	300	Zeer grof	bruin
53,00	54,00	Zand	180	Matig fijn	bruin
54,00	55,00	Zand	180	Matig fijn	bruin
55,00	56,00	Zand	180	Matig fijn	bruin
56,00	57,00	Zand	180	Matig fijn	bruin
57,00	58,00	Klei			
58,00	59,00	Klei			
59,00	60,00	Zand	280	Matig grof	bruin
60,00	61,00	Zand	280	Matig grof	bruin
61,00	62,00	Zand	300	Zeer grof	bruin
62,00	63,00	Zand	280	Matig grof	bruin
63,00	64,00	Zand	210	Matig grof	bruin
64,00	65,00	Zand	200	Matig fijn	bruin
65,00	66,00	Zand	200	Matig fijn	bruin
66,00	67,00	Zand	210	Matig grof	bruin
67,00	68,00	Klei		Matig vast	grijs
68,00	69,00	Klei		Matig vast	grijs
69,00	70,00	Klei		Matig vast	grijs

Plaats/project	:	Zwolle/Isala Kliniek	Datum uitvoering	:	14 en 15 maart 2012
Boringnummer	:	AW3	Werknummer	:	3220316
Boormethode	:	Zuigboren/luchtliften	Boordiameter	:	Ø700 mm
Boormeester	:	T. de Jong/V. Kaspers			
Beschrijver	:	T. de Jong			

Diepte der lagen in meters -/- maaiveld					
van	tot	Hoofdnaam	µm	Grondsoort	Gesteldheid, kleur, Bijmengsel
70,00	71,00	Klei		Matig vast	grijs
71,00	72,00	Klei		Matig vast	grijs
72,00	73,00	Klei		Matig vast	grijs
73,00	74,00	Klei		Matig vast	grijs
74,00	75,00	Klei		Matig vast	grijs
75,00	76,00	Klei		Matig vast	grijs
76,00	77,00	Klei		Matig vast	grijs
77,00	78,00	Klei		Matig vast	grijs
78,00	79,00	Klei		Matig vast	grijs
79,00	80,00	Klei		Matig vast	grijs
80,00	81,00	Klei		Matig vast	grijs

Plaats/project	:	Zwolle/Isala Kliniek	Datum filterstelling	:	15 maart 2012
Boringnummer	:	AW3	Werknummer	:	3220316
Boormethode	:	Zuigboren/luchtliften	Diameter filter	:	Ø315x290 mm
Boormeester	:	T. de Jong/V. Kaspers	Diameter bovenkoker	:	Ø400x369 mm
Beschrijver	:	T. de Jong	Perforatie	:	0,5 mm

Diepte der lagen in meters -/- maaiveld van	tot	
		In het boorgat is afgesteld:
		Pompfilter
68,00	67,00	PVC zandvang Ø315x290 mm
67,00	60,00	PVC pompfilter Ø315x290 mm (perforatie 0,5 mm)
60,00	55,00	PVC stijgbuis Ø315x290 mm
55,00	30,00	PVC pompfilter Ø315x290 mm (perforatie 0,5 mm)
30,00	25,00	PVC stijgbuis Ø315x290 mm
25,00	+1,00	PVC stijgbuis Ø400x369 mm
		Peilbuis 1
33,00	31,00	PVC zandvang Ø32x28 mm
31,00	25,00	PVC peilfilter Ø32x28 mm (perforatie 0,5 mm)
25,00	+1,00	PVC stijgbuis Ø63x58 mm
		Peilbuis 2
24,00	22,00	PVC peilfilter Ø32x28 mm (perforatie 0,5 mm)
22,00	+1,00	PVC stijgbuis Ø32x28 mm
		Peilbuis 3
7,00	5,00	PVC peilfilter Ø32x28 mm (perforatie 0,5 mm)
5,00	+1,00	PVC stijgbuis Ø32x28 mm
30,00	0,00	Aardedraad

Plaats/project	:	Zwolle/Isala Kliniek	Datum filterstelling	:	15 maart 2012
Boringnummer	:	AW3	Werknummer	:	3220316
Boormethode	:	Zuigboren/luchtliften	Diameter filter	:	Ø315x290 mm
Boormeester	:	T. de Jong/V. Kaspers	Diameter bovenkoker	:	Ø400x369 mm
Beschrijver	:	T. de Jong	Perforatie	:	0,5 mm

Het boorgat is aangevuld met:

Diepte der lagen in meters -/- maaiveld van	tot	
81,00	70,00	Klei BK00
70,00	59,00	Filtergrind 0,6 - 1,0 mm
59,00	56,00	Klei BK00
56,00	29,00	Filtergrind 0,6 - 1,0 mm
29,00	26,00	Klei BK300
26,00	21,00	Filtergrind 0,6 - 1,0 mm
21,00	19,00	Klei BK00
19,00	9,00	Aanvulgrind 2 - 5 mm
9,00	8,00	Klei BK00
8,00	4,00	Aanvulgrind 2 - 5 mm
4,00	3,00	Klei BK00
3,00	0,00	Aanvulgrind 2 - 5 mm

Plaats/project	:	Zwolle/Isala Kliniek	Datum uitvoering	:	10 t/m 12 april 2012
Boringnummer	:	AK2	Werknummer	:	3220316
Boormethode	:	Zuigboren/luchtliften	Boordiameter	:	Ø700 mm
Boormeester	:	T. de Jong/A. van Bostelen			
Beschrijver	:	T. de Jong			

Diepte der lagen in meters -/- maaiveld					
van	tot	Hoofdnaam	µm	Grondsoort	Gesteldheid, kleur, Bijmengsel
0,00	1,00	Teelaarde			zand
1,00	2,00	Teelaarde			zand
2,00	3,00	Zand	290	Matig grof	
3,00	4,00	Zand	320	Zeer grof	
4,00	5,00	Zand	320	Zeer grof	
5,00	6,00	Zand	300	Zeer grof	
6,00	7,00	Zand	480	Uiterst grof	
7,00	8,00	Zand	480/900	Uiterst grof	
8,00	9,00	Zand	480/900	Uiterst grof	
9,00	10,00	Zand	480/900	Uiterst grof	
10,00	11,00	Zand	450	Uiterst grof	
11,00	12,00	Zand	450	Uiterst grof	
12,00	13,00	Zand	320	Zeer grof	
13,00	14,00	Zand	320	Zeer grof	
14,00	15,00	Zand	340	Zeer grof	
15,00	16,00	Zand	300	Zeer grof	
16,00	17,00	Zand	300	Zeer grof	
17,00	18,00	Zand	320	Zeer grof	
18,00	19,00	Zand	300	Zeer grof	
19,00	20,00	Zand	300	Zeer grof	
20,00	21,00	Zand	280	Matig grof	
21,00	22,00	Zand	280	Matig grof	
22,00	23,00	Zand	360	Zeer grof	
23,00	24,00	Zand	380	Zeer grof	
24,00	25,00	Zand	360	Zeer grof	
25,00	26,00	Zand	380	Zeer grof	
26,00	27,00	Zand	400	Zeer grof	
27,00	28,00	Zand	400	Zeer grof	
28,00	29,00	Zand	450	Uiterst grof	
29,00	30,00	Zand	450	Uiterst grof	
30,00	31,00	Zand	400	Zeer grof	
31,00	32,00	Zand	400	Zeer grof	
32,00	33,00	Zand	400	Zeer grof	
33,00	34,00	Zand	280	Matig grof	
34,00	35,00	Zand	280	Matig grof	

Plaats/project	:	Zwolle/Isala Kliniek	Datum uitvoering	:	10 t/m 12 april 2012
Boringnummer	:	AK2	Werknummer	:	3220316
Boormethode	:	Zuigboren/luchtliften	Boordiameter	:	Ø700 mm
Boormeester	:	T. de Jong/A. van Bostelen			
Beschrijver	:	T. de Jong			

Diepte der lagen in meters -/- maaiveld					
van	tot	Hoofdnaam	µm	Grondsoort	Gesteldheid, kleur, Bijmengsel
35,00	36,00	Zand	280	Matig grof	
36,00	37,00	Zand	300	Zeer grof	
37,00	38,00	Zand	420	Uiterst grof	
38,00	39,00	Zand	420	Uiterst grof	
39,00	40,00	Zand	400	Zeer grof	
40,00	41,00	Zand	400	Zeer grof	
41,00	42,00	Klei		Matig vast	grijs
42,00	43,00	Klei		Matig vast	grijs
43,00	44,00	Klei		Matig vast	grijs
44,00	45,00	Klei		Matig vast	grijs
45,00	46,00	Klei		Matig vast	grijs
46,00	47,00	Zand	280	Matig grof	
47,00	48,00	Zand	300	Zeer grof	
48,00	49,00	Zand	320	Zeer grof	
49,00	50,00	Zand	320	Zeer grof	
50,00	51,00	Zand	320	Zeer grof	
51,00	52,00	Zand	300	Zeer grof	
52,00	53,00	Zand	280	Matig grof	
53,00	54,00	Zand	280	Matig grof	
54,00	55,00	Zand	280	Matig grof	
55,00	56,00	Zand	390	Zeer grof	
56,00	57,00	Zand	400	Zeer grof	
57,00	58,00	Zand	400	Zeer grof	
58,00	59,00	Zand	400	Zeer grof	
59,00	60,00	Zand	380	Zeer grof	
60,00	61,00	Zand	380	Zeer grof	
61,00	62,00	Zand	380	Zeer grof	
62,00	63,00	Zand	440	Uiterst grof	
63,00	64,00	Zand	440	Uiterst grof	
64,00	65,00	Zand	400	Zeer grof	
65,00	66,00	Zand	400	Zeer grof	
66,00	67,00	Zand	480	Uiterst grof	
67,00	68,00	Zand	480	Uiterst grof	
68,00	69,00	Zand	480	Uiterst grof	
69,00	70,00	Zand	400	Zeer grof	

Plaats/project	:	Zwolle/Isala Kliniek	Datum uitvoering	:	10 t/m 12 april 2012
Boringnummer	:	AK2	Werknummer	:	3220316
Boormethode	:	Zuigboren/luchtliften	Boordiameter	:	Ø700 mm
Boormeester	:	T. de Jong/A. van Bostelen			
Beschrijver	:	T. de Jong			

Diepte der lagen in meters -/- maaiveld					
van	tot	Hoofdnaam	µm	Grondsoort	Gesteldheid, kleur, Bijmengsel
70,00	71,00	Zand	390	Zeer grof	
71,00	72,00	Zand	380	Zeer grof	
72,00	73,00	Zand	360	Zeer grof	
73,00	74,00	Zand	360	Zeer grof	
74,00	75,00	Zand	360	Zeer grof	
75,00	76,00	Zand	360	Zeer grof	
76,00	77,00	Zand	360	Zeer grof	
77,00	78,00	Zand	360	Zeer grof	
78,00	79,00	Zand	360	Zeer grof	
79,00	80,00	Zand	380	Zeer grof	
80,00	81,00	Zand	380	Zeer grof	
81,00	82,00	Zand	360	Zeer grof	
82,00	83,00	Zand	360	Zeer grof	
83,00	84,00	Zand	380	Zeer grof	

Plaats/project	:	Zwolle/Isala Kliniek	Datum filterstelling	:	12 april 2012
Boringnummer	:	AK2	Werknummer	:	3220316
Boormethode	:	Zuigboren/luchtliften	Diameter filter	:	Ø315x290 mm
Boormeester	:	T. de Jong/A. van Bostelen	Diameter bovenkoker	:	Ø400x369 mm
Beschrijver	:	T. de Jong	Perforatie	:	0,5 mm

Diepte der lagen in meters -/- maaiveld van	tot	
		In het boorgat is afgesteld:
		Pompfilter
81,00	80,00	PVC zandvang Ø315x290 mm
80,00	48,00	PVC pompfilter Ø315x290 mm (perforatie 0,5 mm)
48,00	25,00	PVC stijgbuis Ø315x290 mm
25,00	+1,00	PVC stijgbuis Ø400x369 mm
		Peilbuis 1
50,00	48,00	PVC zandvang Ø32x28 mm
48,00	25,00	PVC peilfilter Ø32x28 mm (perforatie 0,5 mm)
25,00	+1,00	PVC stijgbuis Ø63x58 mm
		Peilbuis 2
33,00	31,00	PVC peilfilter Ø32x28 mm (perforatie 0,5 mm)
31,00	+1,00	PVC stijgbuis Ø32x28 mm
		Peilbuis 3
7,00	5,00	PVC peilfilter Ø32x28 mm (perforatie 0,5 mm)
5,00	+1,00	PVC stijgbuis Ø32x28 mm
30,00	0,00	Aardedraad

Plaats/project	:	Zwolle/Isala Kliniek	Datum filterstelling	:	12 april 2012
Boringnummer	:	AK2	Werknummer	:	3220316
Boormethode	:	Zuigboren/luchtliften	Diameter filter	:	Ø315x290 mm
Boormeester	:	T. de Jong/A. van Bostelen	Diameter bovenkoker	:	Ø400x369 mm
Beschrijver	:	T. de Jong	Perforatie	:	0,5 mm

Diepte der lagen in meters -/- maaiveld		
van	tot	
		Het boorgat is aangevuld met:
84,00	81,00	Aanvulgrind 2 - 5 mm
81,00	47,00	Filtergrind 0,6 - 1,0 mm
47,00	42,00	Klei BK300
42,00	36,00	Aanvulgrind 2 - 5 mm
36,00	34,00	Klei BK00
34,00	30,00	Aanvulgrind 2 - 5 mm
30,00	27,00	Klei BK00
27,00	10,00	Aanvulgrind 2 - 5 mm
10,00	8,00	Klei BK00
8,00	4,00	Aanvulgrind 2 - 5 mm
4,00	2,00	Klei BK00
2,00	0,00	Aanvulgrind 2 - 5 mm

Plaats/project	:	Zwolle/Isala Kliniek	Datum uitvoering	:	14 en 15 maart 2012
Boringnummer	:	AW3	Werknummer	:	3220316
Boormethode	:	Zuigboren/luchtliften	Boordiameter	:	Ø700 mm
Boormeester	:	T. de Jong/V. Kaspers			
Beschrijver	:	T. de Jong			

Diepte der lagen in meters -/- maaiveld					
van	tot	Hoofdnaam	µm	Grondsoort	Gesteldheid, kleur, Bijmengsel
0,00	1,00	Zand	120	Zeer fijn	bruin
1,00	2,00	Zand	120	Zeer fijn	bruin
2,00	3,00	Zand	380	Zeer grof	bruin
3,00	4,00	Zand	380	Zeer grof	bruin
4,00	5,00	Zand	340	Zeer grof	bruin
5,00	6,00	Zand	210	Matig grof	bruin
6,00	7,00	Zand	200	Matig fijn	bruin
7,00	8,00	Zand	210	Matig grof	bruin
8,00	9,00	Zand	360	Zeer grof	bruin
9,00	10,00	Zand	300	Zeer grof	bruin
10,00	11,00	Zand	300	Zeer grof	bruin, veel stenen
11,00	12,00	Zand	300	Zeer grof	bruin, veel stenen
12,00	13,00	Zand	300	Zeer grof	bruin, veel stenen
13,00	14,00	Zand	180	Matig fijn	bruin
14,00	15,00	Zand	180	Matig fijn	bruin
15,00	16,00	Zand	430	Uiterst grof	bruin
16,00	17,00	Zand	450	Uiterst grof	bruin
17,00	18,00	Zand	180	Matig fijn	bruin
18,00	19,00	Zand	200	Matig fijn	bruin, enkel veenstukje
19,00	20,00	Zand	200	Matig fijn	bruin, enkel kleilensje
20,00	21,00	Zand	360	Zeer grof	bruin
21,00	22,00	Zand	320	Zeer grof	bruin
22,00	23,00	Zand	180	Matig fijn	bruin
23,00	24,00	Zand	240	Matig grof	bruin
24,00	25,00	Zand	220	Matig grof	bruin, enkel kleilensje
25,00	26,00	Zand	180	Matig fijn	bruin
26,00	27,00	Zand	200	Matig fijn	bruin
27,00	28,00	Zand	200	Matig fijn	bruin
28,00	29,00	Zand	210	Matig grof	bruin
29,00	30,00	Zand	280	Matig grof	bruin
30,00	31,00	Zand	320	Zeer grof	bruin
31,00	32,00	Zand	200	Matig fijn	bruin
32,00	33,00	Zand	200	Matig fijn	bruin
33,00	34,00	Zand	420	Uiterst grof	bruin
34,00	35,00	Zand	450	Uiterst grof	bruin

Plaats/project	:	Zwolle/Isala Kliniek	Datum uitvoering	:	14 en 15 maart 2012
Boringnummer	:	AW3	Werknummer	:	3220316
Boormethode	:	Zuigboren/luchtliften	Boordiameter	:	Ø700 mm
Boormeester	:	T. de Jong/V. Kaspers			
Beschrijver	:	T. de Jong			

Diepte der lagen in meters -/- maaiveld					
van	tot	Hoofdnaam	µm	Grondsoort	Gesteldheid, kleur, Bijmengsel
35,00	36,00	Zand	510	Uiterst grof	bruin
36,00	37,00	Zand	240	Matig grof	bruin
37,00	38,00	Zand	200	Matig fijn	bruin
38,00	39,00	Zand	240	Matig grof	bruin
39,00	40,00	Zand	280	Matig grof	bruin
40,00	41,00	Zand	300	Zeer grof	bruin
41,00	42,00	Zand	260	Matig grof	bruin
42,00	43,00	Zand	340	Zeer grof	bruin
43,00	44,00	Zand	220	Matig grof	bruin
44,00	45,00	Zand	260	Matig grof	bruin
45,00	46,00	Zand	210	Matig grof	bruin
46,00	47,00	Zand	260	Matig grof	bruin
47,00	48,00	Zand	260	Matig grof	bruin
48,00	49,00	Zand	300	Zeer grof	bruin
49,00	50,00	Zand	220	Matig grof	bruin
50,00	51,00	Zand	210	Matig grof	bruin
51,00	52,00	Zand	220	Matig grof	bruin
52,00	53,00	Zand	300	Zeer grof	bruin
53,00	54,00	Zand	180	Matig fijn	bruin
54,00	55,00	Zand	180	Matig fijn	bruin
55,00	56,00	Zand	180	Matig fijn	bruin
56,00	57,00	Zand	180	Matig fijn	bruin
57,00	58,00	Klei			
58,00	59,00	Klei			
59,00	60,00	Zand	280	Matig grof	bruin
60,00	61,00	Zand	280	Matig grof	bruin
61,00	62,00	Zand	300	Zeer grof	bruin
62,00	63,00	Zand	280	Matig grof	bruin
63,00	64,00	Zand	210	Matig grof	bruin
64,00	65,00	Zand	200	Matig fijn	bruin
65,00	66,00	Zand	200	Matig fijn	bruin
66,00	67,00	Zand	210	Matig grof	bruin
67,00	68,00	Klei		Matig vast	grijs
68,00	69,00	Klei		Matig vast	grijs
69,00	70,00	Klei		Matig vast	grijs

Plaats/project	:	Zwolle/Isala Kliniek	Datum uitvoering	:	14 en 15 maart 2012
Boringnummer	:	AW3	Werknummer	:	3220316
Boormethode	:	Zuigboren/luchtliften	Boordiameter	:	Ø700 mm
Boormeester	:	T. de Jong/V. Kaspers			
Beschrijver	:	T. de Jong			

Diepte der lagen in meters -/- maaiveld					
van	tot	Hoofdnaam	µm	Grondsoort	Gesteldheid, kleur, Bijmengsel
70,00	71,00	Klei		Matig vast	grijs
71,00	72,00	Klei		Matig vast	grijs
72,00	73,00	Klei		Matig vast	grijs
73,00	74,00	Klei		Matig vast	grijs
74,00	75,00	Klei		Matig vast	grijs
75,00	76,00	Klei		Matig vast	grijs
76,00	77,00	Klei		Matig vast	grijs
77,00	78,00	Klei		Matig vast	grijs
78,00	79,00	Klei		Matig vast	grijs
79,00	80,00	Klei		Matig vast	grijs
80,00	81,00	Klei		Matig vast	grijs

Plaats/project	:	Zwolle/Isala Kliniek	Datum filterstelling	:	15 maart 2012
Boringnummer	:	AW3	Werknummer	:	3220316
Boormethode	:	Zuigboren/luchtliften	Diameter filter	:	Ø315x290 mm
Boormeester	:	T. de Jong/V. Kaspers	Diameter bovenkoker	:	Ø400x369 mm
Beschrijver	:	T. de Jong	Perforatie	:	0,5 mm

Diepte der lagen in meters -/- maaiveld van	tot	
		In het boorgat is afgesteld:
		Pompfilter
68,00	67,00	PVC zandvang Ø315x290 mm
67,00	60,00	PVC pompfilter Ø315x290 mm (perforatie 0,5 mm)
60,00	55,00	PVC stijgbuis Ø315x290 mm
55,00	30,00	PVC pompfilter Ø315x290 mm (perforatie 0,5 mm)
30,00	25,00	PVC stijgbuis Ø315x290 mm
25,00	+1,00	PVC stijgbuis Ø400x369 mm
		Peilbuis 1
33,00	31,00	PVC zandvang Ø32x28 mm
31,00	25,00	PVC peilfilter Ø32x28 mm (perforatie 0,5 mm)
25,00	+1,00	PVC stijgbuis Ø63x58 mm
		Peilbuis 2
24,00	22,00	PVC peilfilter Ø32x28 mm (perforatie 0,5 mm)
22,00	+1,00	PVC stijgbuis Ø32x28 mm
		Peilbuis 3
7,00	5,00	PVC peilfilter Ø32x28 mm (perforatie 0,5 mm)
5,00	+1,00	PVC stijgbuis Ø32x28 mm
30,00	0,00	Aardedraad

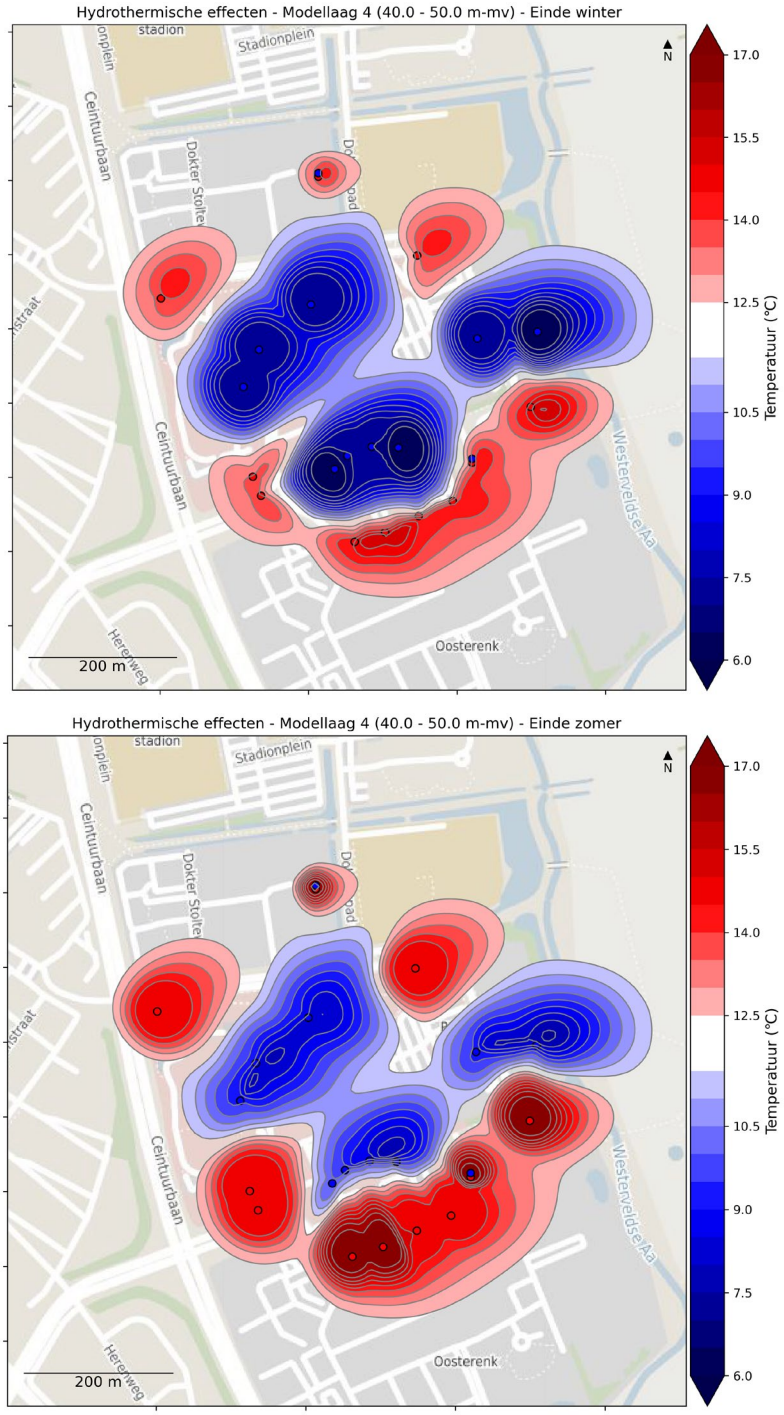
Plaats/project	:	Zwolle/Isala Kliniek	Datum filterstelling	:	15 maart 2012
Boringnummer	:	AW3	Werknummer	:	3220316
Boormethode	:	Zuigboren/luchtliften	Diameter filter	:	Ø315x290 mm
Boormeester	:	T. de Jong/V. Kaspers	Diameter bovenkoker	:	Ø400x369 mm
Beschrijver	:	T. de Jong	Perforatie	:	0,5 mm

Het boorgat is aangevuld met:

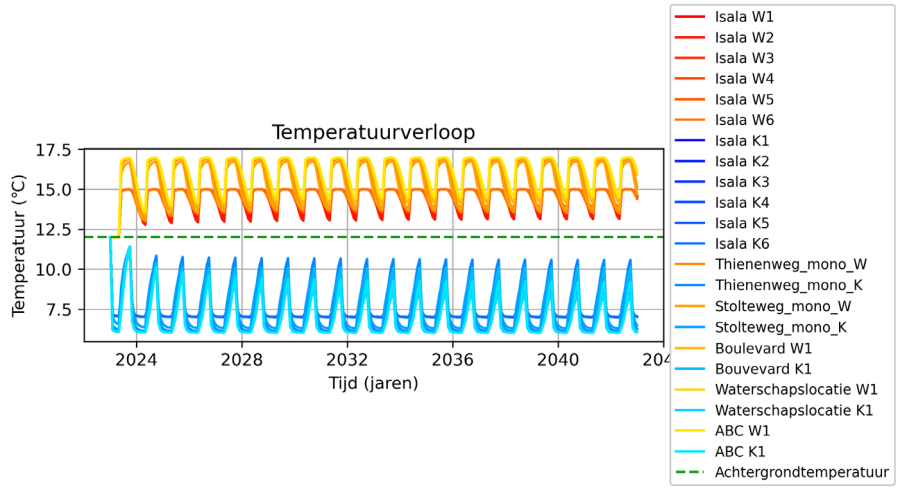
Diepte der lagen in meters -/- maaiveld van	tot	
81,00	70,00	Klei BK00
70,00	59,00	Filtergrind 0,6 - 1,0 mm
59,00	56,00	Klei BK00
56,00	29,00	Filtergrind 0,6 - 1,0 mm
29,00	26,00	Klei BK300
26,00	21,00	Filtergrind 0,6 - 1,0 mm
21,00	19,00	Klei BK00
19,00	9,00	Aanvulgrind 2 - 5 mm
9,00	8,00	Klei BK00
8,00	4,00	Aanvulgrind 2 - 5 mm
4,00	3,00	Klei BK00
3,00	0,00	Aanvulgrind 2 - 5 mm

In deze bijlage worden de modelresultaten getoond van de modelrun op basis waarvan de bronposities zijn bepaald. De andere modellen van de modeloptimalisatie worden niet getoond. In figuur 1 is goed zichtbaar hoe krap de situatie is voor Kop van de Boulevard en de ABC-locatie. De onderstaande bronpositionering geeft het minste thermische verlies aan het einde van de seizoenen. Het thermische verlies is goed zichtbaar in figuur 2 en 3.

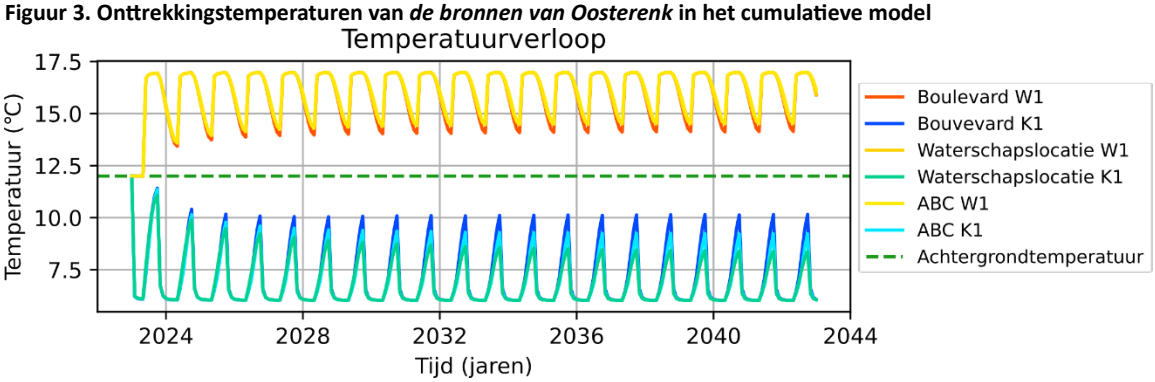
Figuur 1. Hydrothermische effecten in het filtertraject aan het einde van de winter (boven) en zomer (onder)



Figuur 2. Onttrekkingstemperatuur uit de warme (rood/geel) en koude (blauw) bronnen in het cumulatieve model



Figuur 3. Onttrekkingstemperaturen van *de bronnen van Oosterenk* in het cumulatieve model



Figuur 4. Hydrologische effecten aan maaiveld (links) en ter hoogte van de bronfilters (rechts)

